רון הדר

פיזיקה לכיתה ט', רמה א'

הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

רכס פרויקטים חינוכיים בע"מ
ת"ד 324 קדימה 6092000
טלפון 073-2550000 פקס 073-2550055

כתובתנו באינטרנט: www.reches.co.il
E-mail: main@reches.co.il

מסת"ב ISBN 978-965-558-441-7

פתח דבר

הספר "פיזיקה לכיתה ט'" נועד למלא צורך בלימוד **מדע הפיזיקה** בכיתה ט', באופן שיכין את התלמידים למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה. הספר נולד בעקבות הניסיון שרכשתי במשך יותר מ-30 שנות הוראה בכיתות ט', לצד הוראת הפיזיקה ברמת חמש יחידות, ריכוז המגמה והגשה לבגרות.

פרקי הספר כוללים הסברים ודוגמאות, משימות, שאלות ותרגילים ברמת קושי הולכת וגדלה, החל ברמת הבסיס וכלה ברמת קושי גבוהה מעבר למקובל בכיתות הטרוגניות. אין הכוונה להקדים בשנה את נושאי הלימוד המיועדים לכיתה י', אלא ללמוד את הנושאים של תוכנית הלימודים לכיתה ט' במבט קדימה לקראת המיומנויות הנדרשות במגמה, למשל: יחידות מידה, שרטוט וקריאת גרפים, ניתוח ממצאי ניסוי כולל שרטוט דיאגרמת פיזור וקו מגמה וכן משימות הכוללות אוריינות מדעית.
שאלות ברמת קושי גבוהה מעט סומנו בסמל ואף ב- .

היקף שעות הלימוד המומלץ לפרקים הוא בהתאמה לשלוש שעות שבועיות.

פרק ראשון	אינטראקציה וכוחות	25 שעות
פרק שני	אנרגיה מכנית	25 שעות
פרק שלישי	הזרם החשמלי	20 שעות
פרק רביעי	חום וטמפרטורה	20 שעות
סך הכול		90 שעות

תודות:

- לשוקי זכאי על ההערות ועל העצות שתרמו רבות לתוכן הספר.
- לרוני ברק על חדות העין ועל תיקון הטעויות.
- לאשתי מיכל ולילדיי על התמיכה.
- לצוות של רכס על התמיכה ועל הליווי.
- לשרון עמלני על האיורים.
- למאות התלמידות והתלמידים במשך השנים שהמשיכו איתי מכיתה ט' ועד לבחינת הבגרות בפיזיקה.

רון הדר

תוכן עניינים

פרק 1 – כוח

אינטראקציה פעולה ותגובה

החוק השלישי של ניוטון

כוח גורם שינוי: שינוי צורה, שינוי מהירות

כוח הכובד

משקל ומסה

שדה כבידה - g

מבוא מתמטי: היחס הישר

כוח אלסטי - חוק הוק

ניסות כמותי של חוק הוק

קפיץ עמוס

דף מעבדה - חקירת כוח אלסטי

משימת חקר - ניתוח ממצאי ניסוי מצולם

שאלות - פרק 1

כוח אלסטי

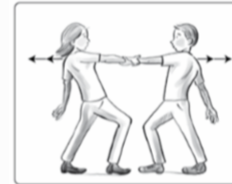
תשובות - פרק 1

אינטראקציה פעולה ותגובה

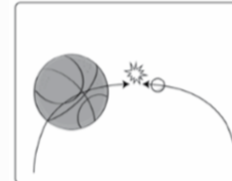
החוק השלישי של ניוטון

כוח הוא תמיד אינטראקציה – פעולה ותגובה בין **שני** גופים. כאשר קיימת אינטראקציה בין שני גופים A ו-B, גוף A מפעיל כוח על גוף B, וגוף B מפעיל כוח על גוף A. שני הכוחות שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.

דוגמאות



נער ונערה מושכים זה את זה.
הכוחות שהם מפעילים זה על זה שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.



כדורסל וכדור פינג פונג מתנגשים באוויר.
בעקבות ההתנגשות כדור הפינג פונג ניתז לאחור, ואילו הכדורסל כמעט שאינו מושפע ממנה. הכוחות שהם מפעילים זה על זה שווים בגודלם, אבל השפעתם על הגופים שונה.



תפוח נופל לכיוון כדור הארץ.
התפוח נמשך לכדור הארץ על ידי כוח הכובד. לפי החוק השלישי של ניוטון, כדור הארץ נמשך לתפוח באותו הכוח שבו התפוח נמשך לכדור הארץ. מכאן שכדור הארץ נופל לכיוון התפוח אך נפילתו אינה ניכרת עקב מסתו הענקית.

כוח גורם שינוי: שינוי צורה, שינוי מהירות

ההשפעה של כוח על הגוף שעליו הוא פועל יכולה להתבטא בשני אופנים: שינוי בצורת הגוף ושינוי במהירות הגוף.

שינוי צורה – נבחין בין גופים פלסטיים לגופים אלסטיים:

- שינוי צורה של גוף פלסטי: הגוף נשאר בצורתו החדשה גם לאחר שהכוח הפסיק לפעול.



נער מכין חלה לאפייה.
הוא מפעיל כוח על הבצק, ומשנה את צורתו.
הבצק יישאר בצורתו זו גם לאחר שהנער יעזוב אותו.

- שינוי צורה של גוף אלסטי: הגוף חוזר לצורתו המקורית לאחר שהכוח הפסיק לפעול.



מתעמל תלוי על המתח.
המתעמל מפעיל כוח על המתח, והכוח גורם למתח להתעקם.
כשיעזוב המתעמל את המתח, המתח יתיישר ויחזור לצורתו המקורית.

- שינוי מהירות – כוח הפועל על גוף גורם שינוי בגודל המהירות של הגוף או בכיוון המהירות.
שינוי גודל המהירות יכול להתבטא בהאצה, כלומר הגברת המהירות או בהאטה, כלומר הקטנת המהירות.

דוגמה לשינוי גודל המהירות:



נער דוחף ארגז שמתחיל לנוע במהירות הולכת וגדלה – האצה.
כשהנער עוזב את הארגז, הארגז נעצר בהדרגה – האטה, בהשפעת כוח החיכוך.

דוגמה לשינוי בכיוון המהירות:



הירח מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי בקירוב.
הירח משנה את כיוון תנועתו בכל רגע ורגע.
המסקנה היא שפועל עליו כוח. כוח זה הוא כוח הכובד. ראו בהמשך.

יחידת המידה של כוח: ניוטון

יחידת המידה ניוטון מוגדרת לפי שינוי התנועה שגורם הכוח. ניוטון אחד הוא הכוח שגורם לגוף שמסתו קילוגרם אחד להאיץ בקצב של מטר אחד לשנייה בכל שנייה.

כוח הכובד

חוק הכבידה העולמי של ניוטון: כל שני גופים ביקום מושכים זה את זה בכוח שנקרא כוח הכובד - גרביטציה.

כוח הכובד הוא כוח חלש מאוד, ובדרך כלל אי אפשר להבחין בו. כוח הכובד ניכר רק בעזרת מכשור רגיש מאוד או בסביבת גוף בעל מסה גדולה מאוד, למשל על פני כדור הארץ.

הטווח של כוח הכובד:

כוח הכובד מגיע עד למרחק אינסופי, אבל הוא הולך ונחלש ככל שהמרחק בין שני הגופים גדל. נציין בפרט שאין קשר בין האטמוספרה לבין כוח הכובד, והוא פועל גם בחלל הריק.

משקל ומסה

אמא שואלת את נדב: "נדב, מה משקלך?"
נדב עונה: "המשקל שלי 52 קילוגרם".
שיחה זו נשמעת הגיונית בשפה יומיומית,
אבל בשפה הפיזיקלית היא לא הגיונית.
שיחה זו דומה לשיחה: אמא שואלת את נדב:
"מה הגובה שלך" ונדב עונה: "גובהי הוא שלוש דקות".
הסבר: בשפה הפיזיקלית משקל של גוף הוא כוח הכובד הפועל על הגוף. יחידת המידה של משקל היא ניוטון - N.
קילוגרם הוא יחידת המידה של מסה.
בשפה הפיזיקלית הייתה השיחה צריכה להתנהל כך:
אמא: "נדב, מהי מסתך?" נדב: "מסתי היא 52 קילוגרם".



הערה: הגדרת המשקל לעיל אינה הגדרה מוסכמת, וישנן הגדרות מתקדמות יותר למערכת לא אינרציאלית. עם זאת, הגדרה זו מתאימה ללימודי הפיזיקה בתיכון ולבחינת הבגרות בפיזיקה.

הגדרה של משקל: משקל של גוף הוא כוח הכובד הפועל על הגוף.
המשקל של נדב מבטא את גודל כוח הכובד הפועל עליו.

שדה כבידה - g

כדי לדעת את משקלו של גוף עלינו להכיר את המושג שדה כבידה.

שדה הכבידה - g במקום מסוים הוא משקלו של גוף שמסתו 1Kg במקום זה

יחידת המידה של שדה כבידה היא $\frac{N}{Kg}$. על פני כדור הארץ שדה הכבידה הוא בערך $g = 10\frac{N}{Kg}$.
המשמעות היא שמשקלו של גוף שמסתו 1Kg שנמצא על פני כדור הארץ הוא בערך 10N. כלומר, גוף שמסתו 1Kg שנמצא על פני כדור הארץ נמשך לכדור הארץ בכוח של 10N.

- המסה היא תכונה של הגוף ואינה משתנה ממקום למקום.
- שדה הכבידה משתנה ממקום למקום והוא מבטא תכונה של אינטראקציה בין גופים.

משקלו של נדב

כל קילוגרם נמשך לכדור הארץ בכוח של 10N. מסתו של נדב היא 52Kg, לכן נדב שוקל 520 ניוטון על פני כדור הארץ.

בחישוב משקלו של נדב הכפלנו את המסה בשדה הכבידה. נכתוב זאת בצורת נוסחה:

$$W = mg$$

כאשר:
- W - משקל הגוף ב-N.
- m - מסת הגוף ב-Kg.
- g - שדה הכבידה במקום שבו נמצא הגוף ב-$\frac{N}{Kg}$.

שאלה לדוגמה:

אם נשגר את נדב לכוכב הלכת נוגה, מה יהיה משקלו שם?

ידוע ששדה הכבידה על פני נוגה הוא כ- $g = 9\frac{N}{Kg}$.

פתרון:

נקפיד על דרך כתיבה נכונה:

ראשית נכתוב את הנתונים.

$m = 52Kg$

$g = 9\frac{N}{Kg}$

$W = ?$

נכתוב את הנוסחה ונציב בה את הנתונים:

$W = mg$

$W = 52 \cdot 9$

$W = 468N$

תשובה מילולית:

משקלו של נדב על פני נוגה יהיה 468N.

הערה:

בפתרון השאלה הנחנו שמסת הגוף של נדב לא השתנתה.

שאלה לדוגמה:

חללית שמסתה 800 קילוגרם משוגרת מכדור הארץ.

א. חשבו את משקל החללית על פני כן השיגור.

ב. משקלה של החללית על פני צדק הוא 20,000N. מהו שדה הכבידה על פני צדק?

פתרון:

א. הנתונים:

$m = 800Kg$

$g = 10\frac{N}{Kg}$

נציב את הנתונים בנוסחה:

$W = mg$

$W = 800 \cdot 10$

$W = 8{,}000N$

משקל החללית על פני כן השיגור הוא 8,000N.

ב. הנתונים:

$m = 800Kg$

$W = 20{,}000N$

$g = ?$

נציב את הנתונים בנוסחה:

$W = mg$

$20{,}000 = 800g$

$g = 25\frac{N}{Kg}$

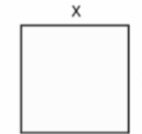
שדה הכבידה על פני צדק הוא $g = 25\frac{N}{Kg}$.

מבוא מתמטי: היחס הישר

שני משתנים מתייחסים זה לזה ביחס ישר אם היחס ביניהם נשאר קבוע.

דוגמאות:

1. מחירו של קילוגרם סוכר הוא חמישה שקלים. אם המחיר הנתון קבוע, מתקיים יחס ישר בין כמות הסוכר לבין עלותו.
2. מחירו של קילוגרם סוכר הוא חמישה שקלים לקנייה עד שמונה קילוגרמים, וארבעה שקלים על כל קילוגרם נוסף. במקרה זה לא מתקיים יחס ישר בין כמות הסוכר לבין עלותו.
3. ההיקף של ריבוע מתייחס ביחס ישר לאורך צלעו.



אורך צלע הריבוע הוא x והיקף הריבוע הוא $4x$. היחס בין ההיקף לצלע הוא תמיד 4.

4. השטח S של עיגול שרדיוסו R הוא πR^2 (π הוא מספר קבוע השווה בערך ל-3.14).

השטח של עיגול שהרדיוס שלו 2 (ביחידות כלשהן) הוא:

$$s = \pi \cdot 2^2 = 4\pi$$

השטח של עיגול שהרדיוס שלו 4 הוא:

$$s = \pi \cdot 4^2 = 16\pi$$

לא מתקיים יחס ישר בין השטח של עיגול לרדיוס שלו כי היחס בין השטח לרדיוס אינו קבוע:

$$\frac{4\pi}{2} \neq \frac{16\pi}{4}$$

כוח אלסטי - חוק הוק

לגוף אלסטי ישנה צורה מסוימת כשלא פועלים עליו כוחות. לצורה זו נקרא הצורה המקורית. כאשר פועל על הגוף כוח, צורתו משתנה, ולפי החוק השלישי של ניוטון הגוף מפעיל כוח תגובה השווה בגודלו לכוח שגורם את שינוי הצורה. כוח התגובה פועל במגמה להחזיר את הגוף לצורתו המקורית.

הגדרה

כוח אלסטי הוא הכוח שמפעיל גוף אלסטי כדי לחזור למצבו המקורי.

בספר זה נתמקד בכוח האלסטי של קפיץ.

הכוח האלסטי פועל לכל אורכו של הקפיץ ובפרט בשני קצותיו. בקפיץ אופקי או בקפיץ שמסתו זניחה הכוח האלסטי שווה בשני קצותיו, לדוגמה: בקפיץ שלפנינו הכוח האלסטי אינו 16N ואינו 0, אלא הוא 8N.



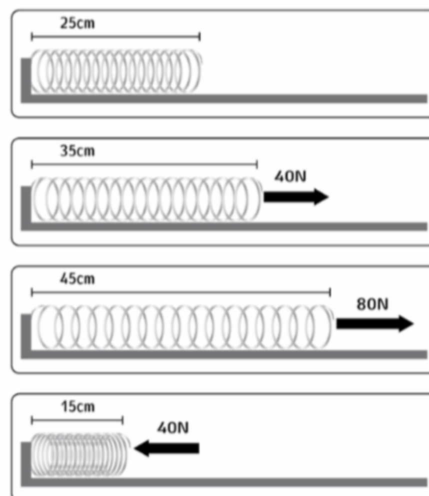
חוק הוק:

שינוי האורך של קפיץ מתייחס ביחס ישר לכוח האלסטי.

הערות:

- הכוח האלסטי יכול להיות הכוח שהקפיץ מפעיל כדי לחזור לאורכו המקורי או הכוח הפועל על הקפיץ וגורם שינוי באורכו, שכן אלו שני צדדים של אותה האינטראקציה.
- שינוי האורך יכול להתבטא בהתארכות או בכיווץ.
- היחס הישר אינו מתקיים בין הכוח לבין האורך אלא בין הכוח לבין שינוי האורך.

בדוגמה שלפנינו נתון קפיץ שאורכו המקורי 25cm. כאשר מותחים את הקפיץ בכוח של 40N הוא מתארך ב-10cm ‏(35cm - 25cm = 10cm) כאשר מותחים את הקפיץ בכוח של 80N, הוא מתארך ב-20cm. כאשר מכווצים את הקפיץ בכוח של 40N, אורכו מתקצר ב-10cm.



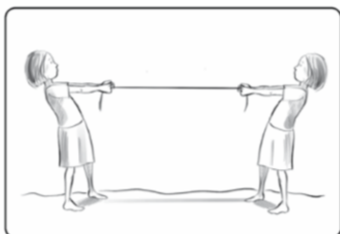
שאלה לדוגמה:

אורכו המקורי של קפיץ הוא 18 סנטימטר. כשמותחים אותו בכוח של 20 ניוטון הוא מתארך לאורך של 26 סנטימטר. מה יהיה אורכו של הקפיץ אם ימתחו אותו בכוח של 60 ניוטון?

פתרון: כוח של 20 ניוטון גרם לקפיץ להתארך ב-8 סנטימטרים. כוח גדול פי שלושה יאריך את הקפיץ בשיעור גדול פי שלושה, כלומר ב-24 סנטימטר. אורכו של הקפיץ יהיה 42 סנטימטר.

שאלה לדוגמה:

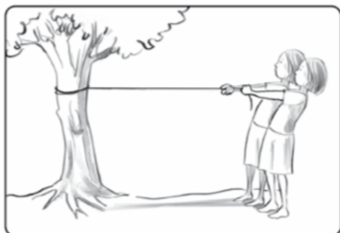
חבל אלסטי מתנהג כשמותחים אותו כגוף אלסטי. שתי תלמידות מושכות בכוחות שווים חבל אלסטי, תלמידה אחת מכל צד, והחבל מתארך ב-10 סנטימטרים. בכמה יתארך החבל אם ימשכו שתי התלמידות את החבל באותם הכוחות, כך ששתיהן מושכות בצד אחד של החבל וצדו האחר של החבל קשור לעץ?



פתרון:

החבל יתארך ב-20 סנטימטר.

הסבר: במקרה השני הכוח האלסטי כפול כי שתי הנערות מושכות באותו הכיוון, והעץ מפעיל על החבל כוח מנוגד השווה לכוח שמפעילות שתיהן יחד. לפי חוק הוק, אם הכוח האלסטי כפול, גם ההתארכות כפולה.



ניסוח כמותי של חוק הוק

הגדרה

קבוע הקפיץ הוא היחס בין הכוח האלסטי לשינוי האורך.

קבוע הקפיץ מסומן באות k ונמדד ביחידות של $\frac{N}{m}$.

נביע את חוק הוק בעזרת נוסחה:

$$k = \frac{F}{\Delta L}$$

או:

$$F = k\Delta L$$

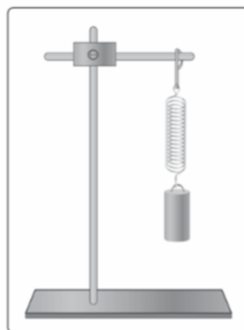
כאשר:

- F - הכוח האלסטי בניוטונים - N.
- ΔL - שינוי האורך במטרים - m.
- k - קבוע הקפיץ ב-$\frac{N}{m}$.

* הערה: מקובל לסמן את שינוי האורך גם באות x, כלומר - $F = kx$.

קפיץ עמוס

קפיץ עמוס הוא קפיץ התלוי אנכית ומחוברת אליו משקולת. המצב שבו המשקולת תלויה ללא תנועה נקרא מצב שיווי המשקל. במצב זה הכוח האלסטי - F שווה למשקל המשקולת - W.



$$F = W$$

$$k\Delta L = W$$

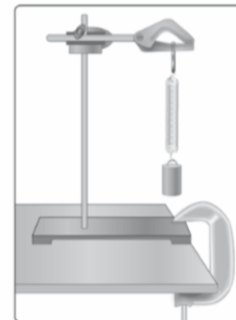
ואם נשלב גם את נוסחת המשקל והמסה נקבל:

$$k\Delta L = mg$$

דף מעבדה - חקירת כוח אלסטי

רשימת ציוד:

- ✓ סטטיב.
- ✓ קפיץ 10 עד 20 ניוטון למטר.
- ✓ וו תלייה למשקולות.
- ✓ ערכת משקולות של 50 גרם.
- ✓ חוט קשירה.
- ✓ סרגל 50 סנטימטר.
- ✓ נייר מילימטרי.



התקנת המערכת

העמידו את הסטטיב בקצה השולחן, כך שהזרוע שעליה ייתלה הקפיץ תחרוג מגבולות השולחן. קשרו את הקפיץ אל הזרוע.

מדידת האורך המקורי של הקפיץ - L_0

מדדו את אורך הקפיץ כשלא תלויות עליו משקולות, וכתבו את התוצאה:

L_0 = _______ cm

מדידת התארכות הקפיץ כתלות במשקל התלוי עליו

מסתה של כל משקולת היא 50 גרם. חשבו את משקלה _______ = W.

כעת יש למדוד את אורכו של הקפיץ כאשר הוא עמוס. לאורך הקפיץ העמוס (המתוח) נקרא L, ולהתארכות יחסית לאורך ההתחלתי נקרא ΔL (האות היונית "Δ דלתא" מסמלת הפרש).

$$\Delta L = L - L_0$$

תלו על הוו מספרים שונים של משקולות, ומדדו את אורכו של הקפיץ.

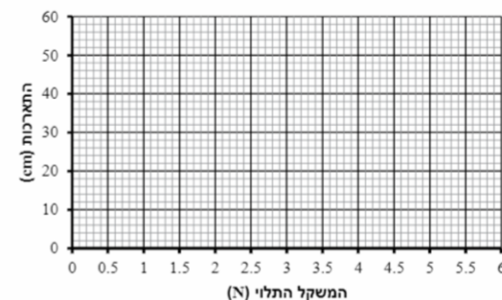
סכמו את התוצאות בטבלה שלפניכם.

מספר המשקולות	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
המשקל התלוי ב-N	0										
אורך הקפיץ - L בסנטימטר											
התארכות הקפיץ - ΔL בסנטימטר											

שרטוט גרף

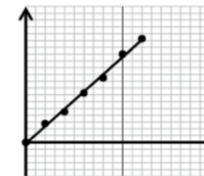
על הנייר המילימטרי שרטטו גרף של התארכות הקפיץ כתלות במשקל התלוי, לפי השלבים הבאים:

- שרטטו את מערכת הצירים על הנייר המילימטרי בעזרת הדוגמה שלפניכם:

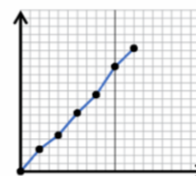


- הציבו את הנקודות המייצגות את התוצאות מהטבלה.
- בעזרת סרגל העבירו קו ישר העובר סמוך ככל האפשר לנקודות שסימנתם וביניהן. אין לשרטט קו זיגזג בין הנקודות.

נכון



לא נכון



שאלות:

1. הגדירו את המושגים הבאים:
   א. גוף אלסטי.

   ב. כוח אלסטי.

2. מהו הגוף האלסטי בניסוי?
3. מהו הכוח האלסטי בניסוי, מי מפעיל אותו ועל מי הוא פועל?

4. הסבירו מדוע המשקל התלוי מייצג את הכוח האלסטי.

5. נסו להעריך מה הייתה התארכות הקפיץ, אם המשקל התלוי היה 3.25N.

6. נסו להעריך מה הייתה התארכות הקפיץ, אם המשקל התלוי היה 12N.

7. חשבו את שיפוע הגרף. מהן יחידות השיפוע? מה משמעות התוצאה שקיבלתם?

8. רשמו את משוואת הישר.

9. מה המשקל שיש לתלות על הקפיץ כדי שהוא יתארך במטר (מספר זה נקרא קבוע הקפיץ ומסומן ב-k)?

שאלות:

1. הגדירו את המושגים הבאים:
   א. גוף אלסטי.
   ב. כוח אלסטי.
2. מהו הגוף האלסטי בניסוי?
3. מהו הכוח האלסטי בניסוי, מי מפעיל אותו ועל מי הוא פועל?
4. הסבירו מדוע המשקל התלוי מייצג את הכוח האלסטי.

5. נסו להעריך מה הייתה התארכות הקפיץ, אם המשקל התלוי היה 3.25N.
6. נסו להעריך מה הייתה התארכות הקפיץ, אם המשקל התלוי היה 12N.
7. חשבו את שיפוע הגרף. מהן יחידות השיפוע? מה משמעות התוצאה שקיבלתם?
8. רשמו את משוואת הישר.
9. מה המשקל שיש לתלות על הקפיץ כדי שהוא יתארך במטר (מספר זה נקרא קבוע הקפיץ ומסומן ב-k)?

10. מה הקשר בין התוצאה שקיבלתם לשיפוע הגרף?

11. האם הגרף ששרטטתם עובר בראשית הצירים? אם כן, מה משמעות הנקודה (0,0)? אם לא:

א. מה משמעות נקודת החיתוך עם ציר ΔL (ציר Y)?

____

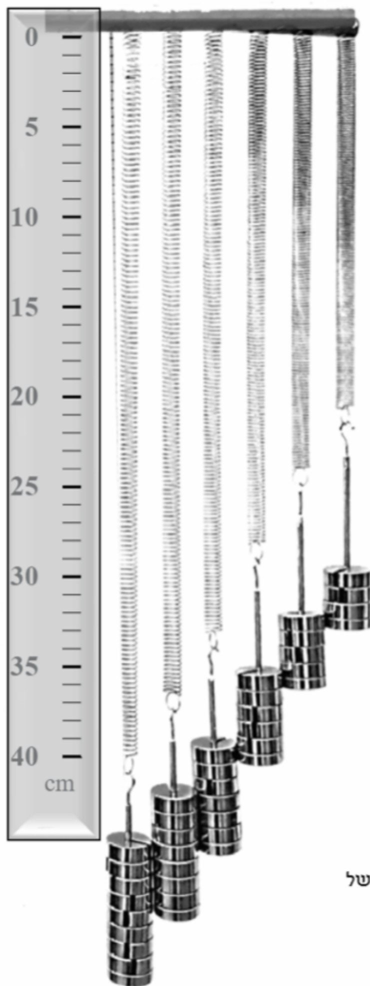
____

ב. מה משמעות נקודת החיתוך עם ציר ה-X ?

____

____

משימת חקר - ניתוח ממצאי ניסוי מצולם



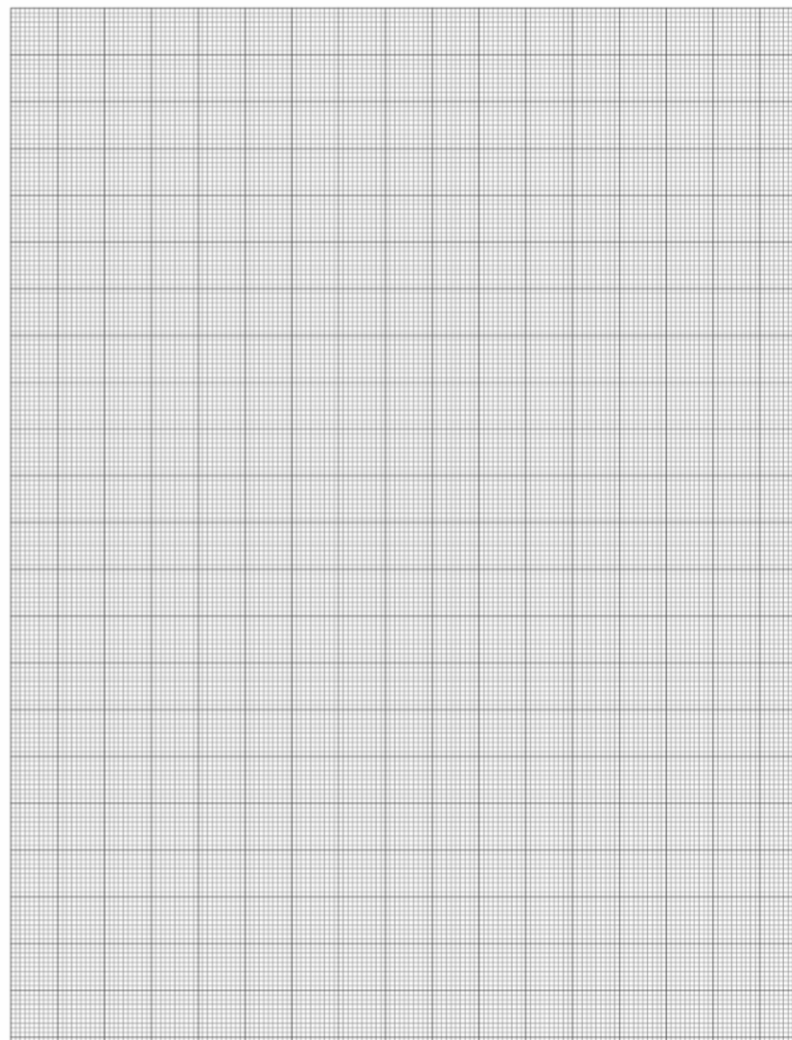
לפניכם תצלום של שורת קפיצים זהים.
על כל קפיץ תלוי וו עם משקולות.
מסת הוו היא 50 גרם, ומסת כל אחת מהמשקולות גם היא 50 גרם.

א. השלימו את הטבלה שלפניכם:

מספר המשקולות כולל הוו	המשקל הכולל התלוי על הקפיץ (N)	אורך הקפיץ (m)
4		
5		
6		
7		
8		
9		

ב. שרטטו גרף של אורך הקפיץ (ציר y) כפונקציה של המשקל הכולל התלוי על הקפיץ (ציר x).

ג. מצאו בעזרת הגרף את אורכו המקורי של הקפיץ.



שאלות – פרק 1

1. מכונית מתנגשת באוטובוס:



א. בחרו בתשובה הנכונה, ונמקו את בחירתכם.

1) המכונית מפעילה על האוטובוס כוח גדול יותר מהכוח שהאוטובוס מפעיל עליה.
2) המכונית מפעילה על האוטובוס כוח שווה לכוח שהאוטובוס מפעיל עליה.
3) המכונית מפעילה על האוטובוס כוח קטן יותר מהכוח שהאוטובוס מפעיל עליה.

____

____

____

ב. בחרו בתשובה הנכונה, ונמקו את בחירתכם.

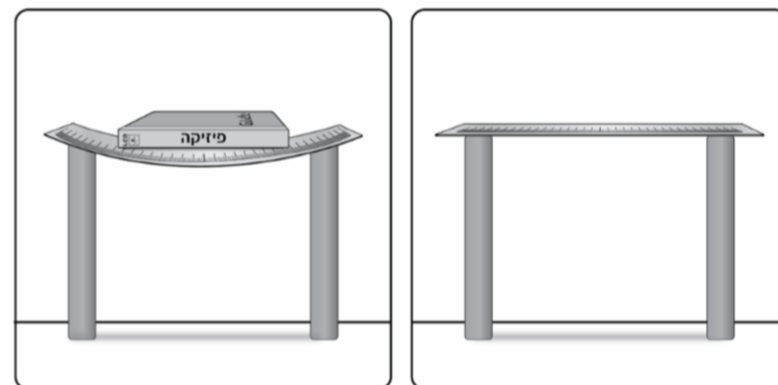
1) השפעת ההתנגשות על המכונית גדולה יותר מהשפעת ההתנגשות על האוטובוס.
2) השפעת ההתנגשות על המכונית שווה להשפעת ההתנגשות על האוטובוס.
3) השפעת ההתנגשות על המכונית קטנה יותר מהשפעת ההתנגשות על האוטובוס.

____

____

____

2. סרגל מונח בין שני עמודים כמתואר בתרשים א. מניחים ספר פיזיקה על הסרגל, והוא מתכופף כמתואר בתרשים ב.



א. כיצד אפשר לקבוע שהספר מפעיל כוח על הסרגל?

____

____

ב. כיצד אפשר לקבוע שהסרגל מפעיל כוח על הספר?

____

____

ג. עמית אומר שהספר התכופף פחות מהסרגל כי הכוח שהסרגל הפעיל עליו קטן מהכוח שהספר מפעיל על הסרגל. עדי אומרת שעל אף שהספר מתכופף פחות מהסרגל, הכוחות שהם מפעילים זה על זה שווים. מי מהם צודק? נמקו.

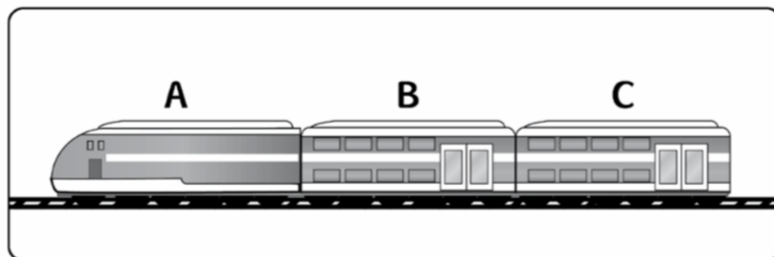
____

____

3. קטר A מושך את הקרונות B ו-C. האם יש אינטראקציה בין הקטר לקרון C?

____

____



משקל ומסה

4. השלימו ממחסן המילים: שדה כבידה במקום מסוים הוא ה_____ של גוף בעל ______של______ אחד במקום זה, ביחידות של _____ ל_____.

מחסן מילים: קילוגרם, ניוטון, מסה, משקל

5. נסחו בשני אופנים את הקשר בין משקל, מסה ושדה כבידה תוך שימוש ביחס הישר.

א. יחס ישר מתקיים בין __________ לבין __________ באותו שדה הכבידה.

ב. כאשר נתון גוף מסוים: יחס ישר מתקיים בין __________ לבין __________ של הגוף.

6. תפוח נופל מעץ לקרקע. ציינו לצד כל משפט מהמשפטים הבאים נכון או לא נכון.

א. במהלך נפילתו לא פועל על התפוח כוח. ______________________

ב. במהלך נפילתו התפוח מפעיל כוח על כדור הארץ. ______________________

ג. במהלך נפילתו של התפוח למטה, כדור הארץ נופל למעלה אל התפוח. ____________

7. נתונה משקולת שעליה רשום 3Kg. ציינו לצד כל היגד מההיגדים הבאים נכון, אפשרי או לא נכון. נמקו את תשובתכם.



א. משקל המשקולת הוא 3 קילוגרמים. ______

ב. מסת המשקולת היא 3 קילוגרמים. ______

ג. משקל המשקולת הוא 3 ניוטון. ______

ד. מסת המשקולת היא 3 ניוטון. ______

ה. משקל המשקולת הוא 30 ניוטון על פני הארץ. ______

8. שחקן בועט בכדור לכיוון השער. במהלך הבעיטה הפעיל השחקן כוח על הכדור.



א. לפניכם מספר היגדים, ציינו לצד כל היגד מההיגדים הבאים נכון או לא נכון.

1) במהלך הבעיטה הכוח שהפעיל הכדור על השחקן חלש יותר מהכוח שהשחקן הפעיל על הכדור. ______

2) במהלך הבעיטה הכוח שהפעיל הכדור על השחקן חזק יותר מהכוח שהשחקן הפעיל על הכדור. ______

3) במהלך הבעיטה לא הפעיל הכדור כוח על השחקן.

4) בזמן מעופו של הכדור לכיוון השער היה הכדור באינטראקציה עם השחקן.

5) בזמן מעופו של הכדור לכיוון השער היה הכדור באינטראקציה עם כדור הארץ.

ב. הכדור נע במסלול קשתי מעל חומת השחקנים המגנים. כיצד **צורת המסלול** מעידה על העובדה שפועל עליו כוח?

ג. מסתו של הכדור היא 0.43Kg. מה משקלו של הכדור על פני כדור הארץ?

ד. הסבירו את משמעות הביטוי "משקלו של הכדור".

ה. משקלו של הכדור על פני צדק גדול פי 2.5 ממשקלו על פני הארץ. מצאו את שדה הכבידה על פני צדק.

9. למאדים יש ירח בשם פובוס (פחד) המקיף אותו במסלול מעגלי.

א. האינטראקציה בין מאדים לפובוס היא

☐ מגנטית ☐ חשמלית ☐ כבידתית

ב. מאדים נמשך לפובוס

☐ נכון ☐ לא נכון

ג. פובוס נמשך למאדים

☐ נכון ☐ לא נכון

ד. האינטראקציה עם מאדים גורמת לפובוס שינוי

☐ תנועה ☐ צורה ☐ תנועה וצורה

10. פלוטו וכארון הם זוג של גופים טרנס נפטוניים (עצמים הנמצאים בשולי מערכת השמש, מעבר לנפטון) המקיפים זה את זה. ההקפה נמשכת כשבוע. מסתו של פלוטו גדולה פי שמונה ממסתו של כארון, ושדה הכבידה על פני פלוטו גדול פי שניים משדה הכבידה על פני כארון. חללית רובוטית חוקרת את פלוטו ואת כארון.

א. ציינו לצד כל היגד מההיגדים הבאים נכון, אפשרי או לא נכון.

1) משקל החללית על פני פלוטו גדול פי שניים ממשקלה על פני כארון. ______

2) מסת החללית על פני פלוטו גדולה פי שניים ממסתה על פני כארון. ______

3) משקלו של חייזר על פני פלוטו הוא 20N, ומשקלו על פני כארון הוא 13N. ______

ב. מסת החללית היא 500 קילוגרם, ומשקלה על פני כארון הוא 150 ניוטון. חשבו את שדה הכבידה על פני כארון.

11. דביבון סולרי נוסע במערכת השמש. לפני הנסיעה הוא נשקל בכדור הארץ, ונמצא שמשקלו הוא 60N.



א. ציינו לצד כל אחד מהסעיפים הבאים נכון או לא נכון, ונמקו את בחירתכם.

1) מסתו של הדביבון היא 60N. ______

2) כוח הכובד הפועל על הדביבון הוא 60N. ______

3) הכוח המגנטי הפועל על הדביבון הוא 60N. ______

4) הדביבון נמשך לכדור הארץ בכוח של 60N. ______

5) כדור הארץ נמשך לדביבון בכוח של 60N. ______

הדביבון מגיע לכוכב הלכת נוגה אשר שדה הכבידה על פניו הוא $g = 9\frac{N}{Kg}$.

ב. מהי מסתו של הדביבון?

ג. מהו משקלו של הדביבון על פני נוגה?

ד. משקלו של סלע על פני נוגה הוא 180N. מהו משקלו על פני הארץ?

ה. הירח הגדול ביותר במערכת השמש הוא טיטאן - ירחו של שבתאי. משקלו של הדביבון על פני טיטאן הוא 8N. מהו שדה הכבידה על פני טיטאן?

12. איו הוא ירח של צדק. עקב קרבתו לצדק, כוחות הכבידה המשתנים, מותחים את הקרום של פני הירח, ויוצרים בו הרי געש רבים. סלע בזלת געשי שמסתו 500 קילוגרם שוקל על פני איו כ-900 ניוטון.

א. מהו שדה הכבידה על פני איו?

ב. מה יהיה משקלו של פיל שמסתו ארבע טונות על פני איו?

13. אסטרונאוטית שקדנית מוצאת בוויקיפדיה ששדה הכבידה על פני הירח הוא $g = 1.62\frac{N}{Kg}$.

בהגיעה לירח היא שוקלת אבן מעניינת שמצאה שם, ומוצאת שמשקלה הוא 8.1N.

א. מה יהיה משקלה של האבן כשישקלו אותה על פני הארץ?

ב. משקלה של האבן על פני אורנוס הוא 44N. מצאו את שדה הכבידה על פני אורנוס.



14. משקלו של חייזר ירוק על פני המאדים הוא 185N. שדה הכבידה על פני המאדים הוא $g = 3.7\frac{N}{Kg}$.

א. מהי מסתו של החייזר?

ב. מה יהיה משקלו של החייזר כאשר יגיע לכדור הארץ?

ג. משקלו של החייזר על פני פלנטה דמיונית הוא 75N. מהי עוצמת שדה הכבידה על פני הפלנטה?

ד. מה צבע החייזר?________________

15. כוכב הלכת צדק הוא הגדול במערכת השמש. חללית שמשקלה 8,000N על פני הארץ תשקול 18,500N על פני צדק. החללית לא תוכל לנחות עליו, מכיוון שפני צדק הם אוקיינוס של מימן נוזלי ללא יבשה.

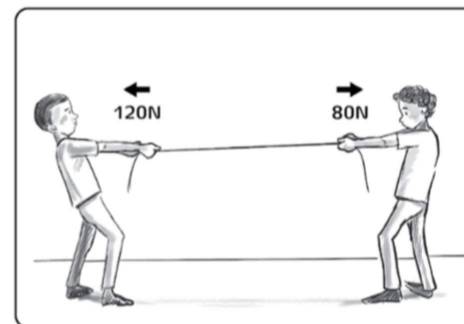
א. מצאו את מסת החללית.

ב. על פי הנתונים המקורבים לעיל מצאו את שדה הכבידה על פני צדק.

ג. בשנת 1609 גילה גלילאו גליליי ארבעה ירחים שמקיפים את צדק: איו, אירופה, קליסטו וגנימד. ירחים אלה נקראים היום על שמו - הירחים הגליליאים. סלע נעשי שוקל על פני איו 30N ועל פני קליסטו 20N. מטאור שוקל 6,000N על פני קליסטו. כמה ישקול אותו המטאור על פני איו?

כוח אלסטי

16. שני ילדים מושכים חבל אלסטי משני קצותיו.
אחד מושך בכוח של 80N, ואחד מושך בקצה האחר בכוח של 120N.



א. בחרו בתשובה הנכונה והסבירו אותה.
- ☐ הכוח האלסטי של החבל הוא 40N.
- ☐ הכוח האלסטי של החבל הוא 80N.
- ☐ הכוח האלסטי של החבל הוא 120N.
- ☐ הכוח האלסטי של החבל הוא 200N.
- ☐ המצב המתואר איננו אפשרי.

ב. שני הילדים מושכים את החבל באותם הכוחות, אבל מאותו הצד, כאשר החבל קשור בצדו האחר לעץ. עקב כך מתארך החבל לאורך של 180 סנטימטר. אורך החבל הרפוי הוא 160 סנטימטר. לאיזה אורך יתארך החבל אם ימשכו אותו שישה ילדים, שלושה מכל צד, בכוח של 100N כל אחד?

17. כאשר תולים משקולת של 4Kg על קפיץ שאורכו הרפוי הוא 50 סנטימטר, הוא מתארך לאורך של 70 סנטימטר.

א. מה יהיה אורכו של הקפיץ אם יתלו עליו משקולת של 2Kg?

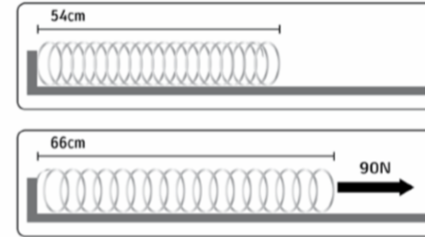
ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. שני נערים מותחים את הקפיץ משני קצותיו, אחד בכל צד. כל נער מפעיל על הקפיץ כוח של 60 ניוטון. לאיזה אורך יתארך הקפיץ?

18. לפניכם גרפים של שני קפיצים. איזה קפיץ הוא בעל קבוע גדול יותר?



19. אורכו של קפיץ במצב שיווי משקל הוא 54 סנטימטר. כאשר מפעילים עליו כוח של 90 ניוטון הוא מתארך ל-66 סנטימטר.



א. מצאו את קבוע הקפיץ.

____

____

ב. לאיזה אורך הוא יתארך אם יפעילו עליו כוח של 42 ניוטון?

____

____

ג. איזה כוח יש להפעיל על הקפיץ כדי שיתכווץ לאורך של 28 סנטימטר?

____

____

20. נתון קפיץ בעל קבוע כוח של $900\frac{N}{m}$ שאורכו המקורי הוא 23cm.

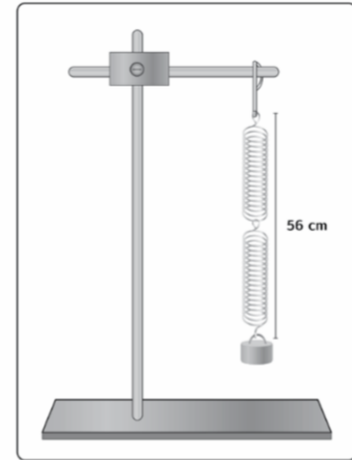
א. מה יהיה אורכו של הקפיץ אם ימתחו אותו בכוח של 36N? ______________

____

ב. איזה כוח צריך להפעיל על הקפיץ כדי לכווצו לאורך של 15cm? ______________

____

ג. תולים את הקפיץ על מתקן, ומחברים אל קצה הקפיץ התחתון קפיץ זהה נוסף. תולים משקולת על הקצה התחתון. עקב כך האורך של שני הקפיצים יחד הוא 56cm. ראו בתרשים שלפניכם:



מהי מסת המשקולת?

____

____

____

21. אורכו המקורי של קפיץ הוא 55cm. כאשר תולים עליו משקולת של 2.5Kg הוא מתארך לאורך של 63cm.

א. מהו קבוע הכוח של הקפיץ?

____

____

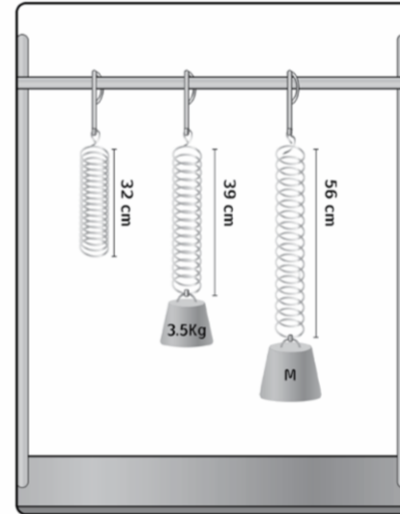
ב. מהי מסת המשקולת שיש לתלות עליו כדי שיתארך לאורך של 75cm?

____

____

ג. שדה הכבידה על פני צדק הוא $25\frac{N}{Kg}$. מהי מסת המשקולת שיש לתלות עליו כדי שיתארך לאורך של 75cm על פני צדק?

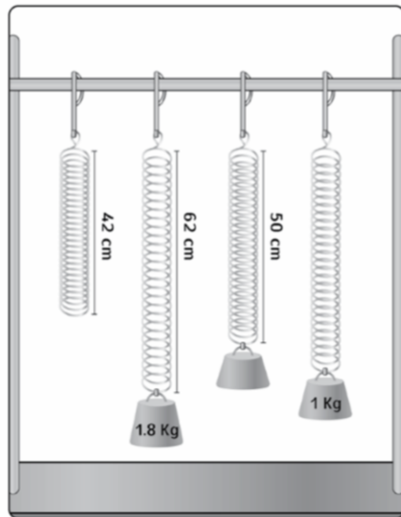
22. שלושה קפיצים זהים תלויים על מתקן על פני כדור הארץ, כמתואר בתרשים שלפניכם:



א. מצאו את המסה M.

ב. מעבירים את המערכת לפלנטה ששדה הכבידה של הוא $18\frac{N}{Kg}$. מה יהיה אורך כל אחד מהקפיצים שם?

23. אורכו של קפיץ חסר משקל הוא 42 סנטימטר. כשתולים עליו משקולת של 1.8 קילוגרם, הוא מתארך לאורך של 62 סנטימטר.



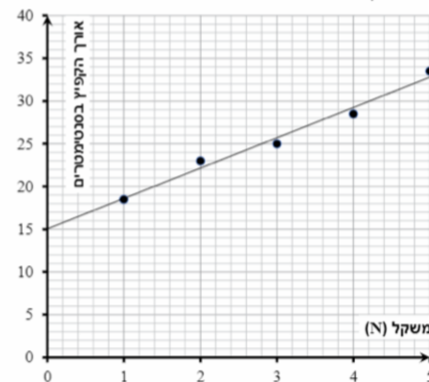
א. חשבו את קבוע הקפיץ.

ב. מהי מסתה של משקולת שיש לתלות על הקפיץ כדי שיתארך לאורך של 50 סנטימטר?

ג. לאיזה אורך יתארך הקפיץ אם יתלו עליו משקולת של 1 קילוגרם?

ד. אם יתלו על הקפיץ על פני המאדים משקולת של 1.8 קילוגרם, לאיזה אורך הוא יתארך (שדה הכבידה על פני המאדים הוא $3.7\frac{N}{Kg}$)?

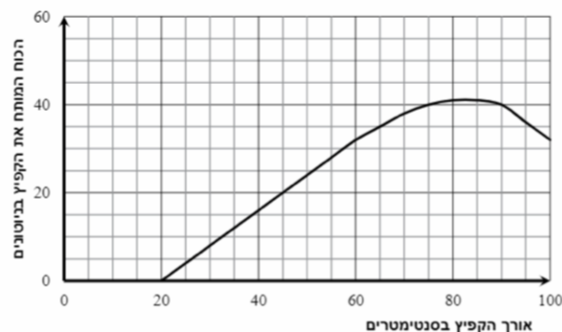
24. תלמידה שקדנית חזרה על הניסוי של חקירת הכוח האלסטי של קפיץ עמוס, כדי להתכונן למבחן. תוצאות הניסוי מתוארות בגרף שלפניכם:



א. מצאו את קבוע הקפיץ.

ב. מה הכוח שיש להפעיל על הקפיץ כדי שיתארך לאורך של 70 סנטימטר?

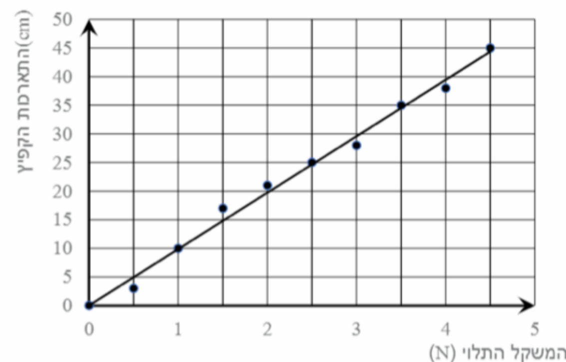
25. הגרף הבא מתאר תוצאות של ניסוי לבדיקת תכונותיו של קפיץ. הטכנאים מותחים את הקפיץ בהדרגה לאורך מסוים, ומודדים את הכוח הדרוש לכך.



א. עד לאיזה אורך התנהג הקפיץ בהתאם לחוק הוק?

ב. מהו היה קבוע הקפיץ בתחום שבו התנהג הקפיץ בהתאם לחוק הוק?

26. בניסוי לחקירת כוח אלסטי התקבל הגרף שלפניכם:



א. האם הקפיץ התנהג בהתאם לחוק הוק?

____

____

ב. חשבו את שיפוע הגרף, וציינו את יחידותיו.

____

____

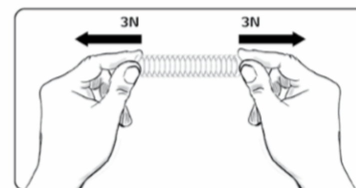
ג. מה המשמעות הפיזיקלית של השיפוע?

____

____

ד. תלמיד מוריד את הקפיץ מהמתקן, ומפעיל עליו כוח של 3N בכל צד כמתואר בתרשים. בכמה מתארך הקפיץ?

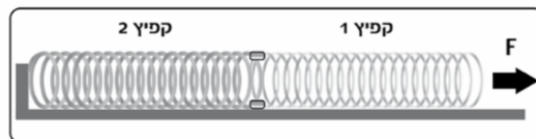
____



27. נתונים שני קפיצים:

- קפיץ 1 בעל אורך של 15 סנטימטר כשהוא רפוי ובעל קבוע של $10\frac{N}{m}$.
- קפיץ 2 בעל אורך של 24 סנטימטר כשהוא רפוי ובעל קבוע של $40\frac{N}{m}$.

מחברים את שני הקפיצים זה לזה, ומותחים אותם בכוח F עד שהם באורך שווה. ראו בתרשים שלפניכם:



א. מצאו את האורך של כל אחד מהקפיצים.

____

____

____

ב. חשבו את F.

____

____

ג. אם נתייחס לשני הקפיצים כשהם מחוברים כאל קפיץ אחד משותף, מהו קבוע הקפיץ של הקפיץ המשותף?

____

____

____

____

תשובות – פרק 1

1. א. 2)
ב. 1)

2. א. שינוי הצורה של הסרגל מעיד על הכוח שהספר מפעיל עליו.
ב. לפי החוק השלישי של ניוטון וסעיף א.
ג. עדי צודקת.

3. אין אינטראקציה.
תשובה אפשרית אחרת: יש אינטראקציה של כבידה בין הקטר לקרון C, אבל עוצמתה אפסית.

4. שדה כבידה במקום מסוים הוא המשקל של גוף בעל מסה של קילוגרם אחד במקום זה, ביחידות של ניוטון לקילוגרם.

5. א. יחס ישר מתקיים בין מסת הגוף לבין משקלו באותו שדה הכבידה.
ב. כאשר נתון גוף מסוים: יחס ישר מתקיים בין שדה הכבידה לבין משקלו של הגוף.

6. א. לא נכון.
ב. נכון.
ג. נכון, אבל אי אפשר להבחין בתנועתו כי היא אפסית.

7. א. לא נכון.
ב. נכון.
ג. אפשרי.
ד. לא נכון.
ה. נכון.

8. א. 1) לא נכון
2) לא נכון
3) לא נכון
4) לא נכון
5) נכון
ב. הכדור משנה את כיוון תנועתו, דבר המעיד על כוח שפועל עליו.
ג. 4.3N.
ד. משקלו של הכדור הוא כוח הכובד הפועל עליו.
ה. $25\frac{N}{Kg}$

9. א. כבידתית
ב. נכון
ג. נכון
ד. שינוי תנועה, המתבטא בצורת המסלול של פובוס שאינה בקו ישר (אפשר גם: שינוי תנועה ושינוי צורה - שינוי הצורה נגרם עקב כוחות הגאות שהם תוצאה משנית של כוח הכובד).

10. א. 1) נכון
2) לא נכון
3) לא נכון
ב. $0.3\frac{N}{Kg}$

11. א. 1) לא נכון
2) נכון
3) לא נכון
4) נכון
5) נכון
ב. 6Kg
ג. 54N
ד. 200N

ה. $1.33\frac{N}{Kg}$

12. א. $1.8\frac{N}{Kg}$

ב. 7,200N

13. א. 50N

ב. $8.8\frac{N}{Kg}$

14. א. 50Kg

ב. 500N

ג. $1.5\frac{N}{Kg}$

ד. ירוק.

15. א. 800Kg

ב. $23.1\frac{N}{Kg}$

ג. 9,000N

16. א. המצב המתואר איננו אפשרי.

ב. 190cm

17. א. 60cm

ב. $200\frac{N}{m}$

ג. 80cm

18. קפיץ 1.

19. א. $750\frac{N}{m}$

ב. 59.6cm

ג. 195N

20. א. 27cm

ב. 72N

ג. 4.5Kg

21. א. $312.5\frac{N}{m}$

ב. 6.25Kg

ג. 2.5Kg

22. א. 12Kg

ב. 32cm, 44.6cm, 75.2cm

23. א. $90\frac{N}{m}$

ב. 0.72Kg

ג. 53.11cm

ד. 49.4cm

24. א. כ- $28\frac{N}{m}$

ב. 15.4N

25. א. עד לאורך של כ-60 סנטימטר.

ב. $80\frac{N}{m}$

26. א. כן, כי התקבל בקרוב קו ישר שעובר בראשית.

ב. $10\frac{cm}{N}$

ג. התארכות הקפיץ עם כל משקל נוסף של ניוטון אחד שתולים עליו.

ד. $30cm$

27. א. $27cm$

ב. $1.2N$

ג. $8\frac{N}{m}$

פרק 2 – אנרגיה מכנית

חוק שימור האנרגיה

לאנרגיה צורות רבות, לדוגמה:

חום, קרינה, אנרגיה כימית, אנרגיה חשמלית, קול.

קבוצת האנרגיה המכנית:

- אנרגיה קינטית (אנרגיית תנועה) - E_k
- אנרגיה פוטנציאלית כובדית (אנרגיית גובה) - E_g
- אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (אנרגיית קפיץ) - E_{sp}

אנרגיה מכנית היא הסכום של האנרגיות הפוטנציאליות והאנרגיה הקינטית.

חוק שימור האנרגיה

האנרגיה יכולה לעבור מצורה לצורה או מגוף לגוף, אבל הכמות הכוללת של האנרגיה במערכת מבודדת אינה משתנה.

יחידת המידה הסטנדרטית של אנרגיה נקראת ג'ול ומסומנת ב-J.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

אנרגיה פוטנציאלית כובדית קיימת בגוף הנמצא בגובה. האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית מתייחסת ביחס ישר למשקל הגוף, וביחס ישר לגובה שבו הוא נמצא. לכן כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שווה למכפלת משקלו של הגוף בגובה, כלומר:

$$E_g = W \cdot h$$

כאשר:

E_g - אנרגיה פוטנציאלית כובדית בג'ול - (J).

W - משקל הגוף בניוטון - (N).

h - הגובה ב-(m).

לפי הביטוי לעיל נגדיר את יחידת המידה של אנרגיה:

יחידת האנרגיה ג'ול

ג'ול אחד הוא כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שיש לגוף שמשקלו ניוטון אחד הנמצא בגובה של מטר אחד.

חישוב האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית לפי המסה

נציב את הביטוי למשקל בנוסחת האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית, ונקבל:

$$\begin{cases} W = mg \\ Eg = W \cdot h \end{cases}$$

$$Eg = mgh$$

דוגמה:

אבן שמסתה 4 קילוגרמים נמצאת על צוק שגובהו 9 מטרים. כמה אנרגיה פוטנציאלית כובדית יש לאבן?

פתרון:

נתון:

$$m = 4Kg$$
$$g = 10\frac{N}{Kg}$$
$$h = 9m$$

הנוסחה:

$$E_g = mgh$$

הצבה:

$$E_g = 4 \cdot 10 \cdot 9 = 360J$$

לאבן יש אנרגיה פוטנציאלית כובדית בשיעור של 360 ג'ול.

מישור הייחוס לחישוב האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית

המושג של הגובה שבו נמצא הגוף אינו מוגדר באופן חד משמעי, שכן הוא תלוי בקביעה של הגובה ההתחלתי שיחסית אליו נקבע הגובה שבו נמצא הגוף. לדוגמה:



ילד עומד על מרפסת בגובה של שני מטרים מעל הקרקע וזורק כדור שמשקלו 4 ניוטון לגובה של 5 מטרים מעל המרפסת. יחסית למרפסת, האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הכדור בשיא גובהו היא:

$$E_g = 4 \cdot 5 = 20J$$

יחסית לקרקע, האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הכדור בשיא גובהו היא:

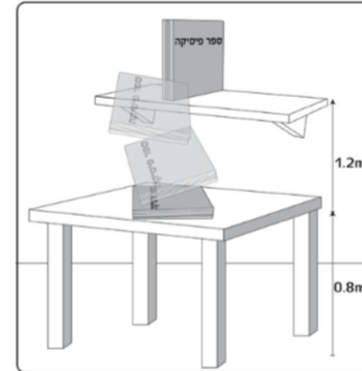
$$E_g = 4 \cdot (2 + 5) = 28J$$

הגדרה

מישור הייחוס הוא המקום שיחסית אליו מודדים את הגובה, או המקום שבו הגובה נחשב כ-0.
כאשר הגוף נמצא מעל מישור הייחוס, הגובה נחשב חיובי וכך גם האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית. כאשר הגוף נמצא מתחת למישור הייחוס, הגובה נחשב שלילי וכך גם האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית.

מה הטעם לשימוש במושג של האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית, אם הוא תלוי בקביעה שרירותית של מישור הייחוס? נענה על שאלה זו בעזרת הדוגמה שלהלן:

ספר פיזיקה שמשקלו 3N ניצב על מדף בגובה 1.2m, מעל לשולחן שגובהו 0.8m. לפתע הספר נופל מהמדף לשולחן.



נערוך בטבלה את ערכי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הספר, כשהוא על המדף וכשהוא מגיע לשולחן, יחסית למישורי הייחוס השונים:

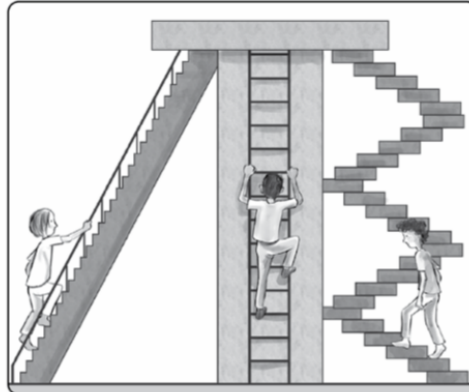
	האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הספר כשהוא על המדף	האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הספר כשהוא על השולחן	כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שהספר איבד בנופלו מהמדף לשולחן
יחסית לקרקע	$E_g = 3 \cdot 2 = 6J$	$E_g = 3 \cdot 0.8 = 2.4J$	$6 - 2.4 = 3.6J$
יחסית לשולחן	$E_g = 3 \cdot 1.2 = 3.6J$	$E_g = 3 \cdot 0 = 0$	$3.6 - 0 = 3.6J$
יחסית למדף	$E_g = 3 \cdot 0 = 0$	$E_g = 3 \cdot (-1.2) = -3.6J$	$E_g = 0-(-3.6) = 3.6J$

מסקנה: כשמחליפים את מישור הייחוס מקבלים ערכים שונים של האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית, אבל השינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית אינו תלוי בבחירת מישור הייחוס.

אי תלות בצורת המסלול

השינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית אינו תלוי בצורת המסלול אלא רק בהפרש הגובה.

כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שהאדם רוכש בטיפוס לראש מגדל אינה תלויה בגרם המדרגות שיבחר לעלות בו.

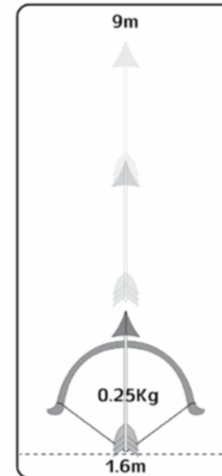


שימור אנרגיה מכנית

אנרגיה מכנית היא הסכום של האנרגיות הפוטנציאליות והאנרגיה הקינטית. כאשר לא פועלים כוחות חיכוך במערכת מבודדת, האנרגיה המכנית הכוללת אינה משתנה.

שאלה לדוגמה: שימור האנרגיה המכנית

חץ שמסתו 0.25Kg נורה מקשת, אנכית כלפי מעלה, מגובה של 1.6m, ומגיע עד לגובה מרבי של 9m מהקרקע (התנגדות האוויר זניחה).



א. כמה אנרגיה פוטנציאלית כובדית הייתה לחץ בשיא הגובה?

פתרון:

$m = 0.25Kg$

$g = 10\frac{N}{Kg}$

$h = 9m$

$E_g = mgh = 0.25 \cdot 10 \cdot 9 = 22.5J$

ב. כמה אנרגיה פוטנציאלית כובדית הייתה לחץ לפני שנורה?

פתרון:

$m = 0.25Kg$

$g = 10\frac{N}{Kg}$

$h = 1.6m$

$E_g = mgh = 0.25 \cdot 10 \cdot 1.6 = 4J$

ג. מלאו את הערכים שבטבלה שלפניכם:

	E_g (אנרגיה פוטנציאלית כובדית) (J)	Esp (אנרגיה פוטנציאלית אלסטית) (J)	Ek (אנרגיה קינטית) (J)	סך כל האנרגיה המכנית (J)
בשיא הגובה	22.5	0	0	22.5
לפני שהחץ נורה	4	?	0	22.5

ד. היעזרו בטבלה ומצאו כמה אנרגיה פוטנציאלית אלסטית הייתה אגורה בקשת.

פתרון:

מצאנו את האנרגיה המכנית הכוללת בשיא הגובה - 22.5J. ערך זה נשמר בכל שלבי השאלה, מכאן שהאנרגיה הפוטנציאלית האלסטית שהייתה אגורה בקשת היא:

$E_{sp} = 22.5 - 4 = 18.5J$

ה. כמה אנרגיה קינטית הייתה לחץ כשחלף בגובה של 5m מהקרקע?

פתרון:

נוסיף שורה נוספת לטבלה שתייצג את האנרגיות כאשר חלף החץ בגובה של 5m מהקרקע:

	E_g (אנרגיה פוטנציאלית כובדית) (J)	E_{sp} (אנרגיה פוטנציאלית אלסטית) (J)	E_k (אנרגיה קנטית) (J)	סך כל האנרגיה המכנית
בגובה של 5m מהקרקע	$E_g = mgh = 0.25 \cdot 10 \cdot 5 = 12.5J$	0	?	22.5

כדי שהאנרגיה המכנית הכוללת תישאר 22.5J, האנרגיה הקינטית צריכה להיות:

$$E_k(5m) = 22.5 - 12.5 = 10J$$

מבוא מתמטי: היחס הריבועי

משתנה אחד מתייחס למשתנה אחר ביחס ריבועי, אם מתקיים יחס ישר בין המשתנה האחד לריבוע המשתנה האחר. Y מתייחס ביחס ריבועי ל-X, אם Y מתייחס ביחס ישר ל-X^2. אם נגדיל את X ביחס מסוים, אז Y יגדל בריבוע היחס המסוים.

דוגמה 1:

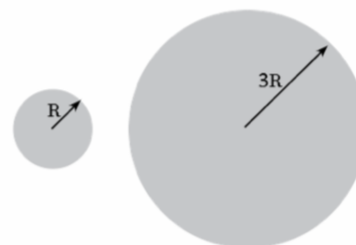
מתקיים יחס ריבועי בין שטח של עיגול לרדיוסו, יחס זה נקרא π, ושווה בערך ל-3.14. הנוסחה המתאימה היא:

$$S = \pi R^2$$

כאשר S הוא שטח העיגול ו-R הרדיוס.

בתרשים שלפניכם רדיוס העיגול הגדול גדול פי 3 מרדיוס העיגול הקטן.

שטח העיגול הגדול גדול פי 9 משטח העיגול הקטן.



דוגמה 2:

עוצמת שדה הכבידה מתייחסת ביחס ריבועי הפוך למרחק ממרכז כדור הארץ. כלומר, ככל שמתרחקים ממרכז כדור הארץ, עוצמת שדה הכבידה קטנה ביחס ריבועי.

חללית מקיפה את כדור הארץ בגובה ששווה לרדיוס כדור הארץ - R. מרחקה של החללית ממרכז כדור הארץ הוא 2R, לכן עוצמת שדה הכבידה בסביבת החללית קטנה פי $4 = 2^2$ מעוצמת שדה הכבידה שעל פני כדור הארץ -

$$g(\text{חללית}) = \frac{g(\text{פני כדור הארץ})}{4} = \frac{10}{4} = 2.5\frac{N}{Kg}$$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית של קפיץ

בגוף אלסטי, שאינו במצב המקורי שלו אלא במצב של שינוי צורה, אגורה אנרגיה שנקראת אנרגיה פוטנציאלית אלסטית. בפרק זה נתייחס לאנרגיה הפוטנציאלית האלסטית שאגורה בקפיץ קווי.

כמות האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית שאגורה בקפיץ מתייחסת ביחס ישר לקבוע הקפיץ וביחס ריבועי לשינוי האורך של הקפיץ. הנוסחה המתאימה היא:

$$E_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta L)^2$$

כאשר:

- E_{sp} - האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית ב-J.
- k - קבוע הקפיץ ב-$\frac{N}{m}$.
- ΔL - שינוי האורך (כיווץ או התארכות) ב-m.

אפשר גם לסמן את שינוי האורך ב-X:

$$E_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

שאלה לדוגמה:

קפיץ בעל קבוע כוח של $800\frac{N}{m}$. מכווץ בכוח של 200N.

כמה אנרגיה פוטנציאלית אלסטית אגורה בקפיץ?

פתרון:

ראשית נחשב את השינוי באורך:

נתונים:

$$k = 800\ \frac{N}{m}$$

$$F = 200N$$

נציב בנוסחת הכוח האלסטי, ונקבל את השינוי באורך הקפיץ כלומר, את שיעור הכיווץ:

$$F = kx$$
$$200 = 800x$$
$$x = 0.25m$$

כעת נציב בנוסחת האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית:

$$E_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$E_{sp} = \frac{1}{2}\cdot 800\cdot 0.25^2$$

$$E_{sp} = 25J$$

אנרגיה קינטית

לגוף בתנועה יש אנרגיה קינטית.

כמות האנרגיה הקינטית שיש לגוף בתנועה מתייחסת ביחס ישר למסת הגוף וביחס ריבועי למהירותו.

הנוסחה המתאימה היא:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

כאשר:

- E_k - האנרגיה הקינטית ב-J.
- m - מסת הגוף ב-Kg.
- v - מהירות הגוף ב-$\frac{m}{s}$.

שאלה לדוגמה:

ספורטאי שמסתו 70 קילוגרם רץ במהירות של 8 מטרים לשנייה. כמה אנרגיה קינטית יש לו?

נציב בנוסחת האנרגיה הקינטית:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot 70\cdot 8^2 = 2{,}240J$$

מעבר מיחידות של קמ"ש ליחידות של מטרים לשנייה:

$$1\frac{km}{h_r} = \frac{1{,}000m}{60\cdot 60s} = \frac{1}{3.6}\ \frac{m}{s}$$

כלומר, כדי לעבור מיחידות של קמ"ש ליחידות של מטרים לשנייה יש לחלק ב-3.6.

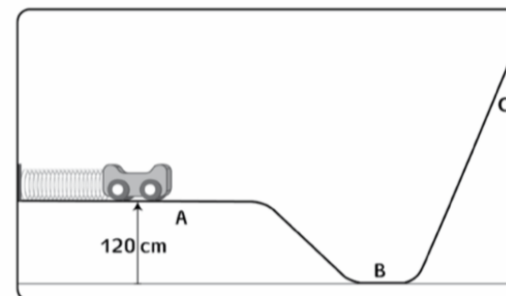
לדוגמה: מכונית נוסעת במהירות של 90 קמ"ש שהיא 25 מטרים לשנייה - ($\frac{90}{3.6} = 25\frac{m}{s}$)

יישומים של חוק שימור האנרגיה

בעזרת חוק שימור האנרגיה אפשר לחשב את מצבה של מערכת בזמנים שונים. דרך החישוב היא השוואת האנרגיה הכוללת של המערכת בזמנים שונים או במצבים שונים. בפרט כאשר החיכוך זניח והאנרגיה המכנית נשמרת, האנרגיה המכנית הכוללת במצב מסוים - A (למשל בהתחלת התהליך), שווה לאנרגיה המכנית הכוללת במצב אחר - B (למשל בסוף התהליך).

שאלה לדוגמה:

קפיץ בעל קבוע של $40\frac{N}{m}$ מכווץ בשיעור של 50cm (מצב A). הקפיץ משתחרר והודף קרונית קטנה שמסתה 400 גרם מגובה של 120cm מעל הקרקע. בעקבות ההדיפה הקרונית נעה לאורך המסלול, דרך נקודה B בגובה הקרקע, עד שהיא נעצרת בנקודה C. כוחות החיכוך זניחים.



א. חשבו את האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת לפני שחרורה (במצב A).

ב. חשבו את מהירות הקרונית בעת שחלפה בנקודה B.

ג. חשבו את גובהה של נקודה C מעל הקרקע.

פתרון:

נקבע את מישור הייחוס בקרקע.

נעביר את יחידות המידה ליחידות הסטנדרטיות:

$$120cm = 1.2\,m$$
$$50cm = 0.5m$$
$$400gr = 0.4Kg$$

א. האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת לפני שחרורה היא הסכום של האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הקרונית והאנרגיה הפוטנציאלית האלסטית שאגורה בקפיץ (האנרגיה הקינטית בהתחלה היא 0, כי המערכת ללא תנועה).

$$E(A) = E_g + E_{sp} + E_k = mgh + \frac{1}{2}k\,(\Delta L) + 0$$
$$E(A) = 0.4 \cdot 10 \cdot 1.2 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 0.5^2 = 4.8 + 5 = 9.8J$$

האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת לפני שחרורה הייתה 9.8J.

האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת תישאר 9.8J גם בנקודות B ו-C.

ב. בנקודה B הקרונית נמצאת על מישור הייחוס, לכן האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית היא 0, הקפיץ כבר מסר את כל האנרגיה הפוטנציאלית שהייתה אגורה בו. לכן כל האנרגיה המכנית בנקודה B היא בצורה של אנרגיה קינטית. נחשב את מהירות הקרונית בנקודה B.

$$E_k(B) = \frac{1}{2}mv^2$$
$$9.8 = \frac{1}{2} \cdot 0.4 \cdot v^2$$
$$9.8 = 0.2v^2 \;/ :0.2$$
$$49 = v^2$$
$$v = 7\frac{m}{s}$$

ג. בנקודה C כל האנרגיה המכנית היא בצורה של אנרגיה פוטנציאלית כובדית. נחשב את גובהה של נקודה C מעל הקרקע.

$$E_g(C) = mgh$$
$$9.8 = 0.4 \cdot 10 \cdot h$$
$$h = 2.45m$$

נפילת גופים

נציג את הנושא באמצעות הדוגמה שלהלן:

עכבר שמסתו 20 גרם נופל מגובה של 80 סנטימטר לקרקע. מהירותו ההתחלתית היא 0.

א. מה תהיה מהירות הפגיעה של העכבר בקרקע?

ב. חזרו על השאלה כאשר במקום העכבר נופל פיל שמסתו 5 טונות.

פתרון:

א. האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של העכבר לפני הנפילה הפכה לאנרגיה קינטית (כהרף עין לפני הפגיעה בקרקע).

נתון:

$$m = 20gr = 0.02Kg$$
$$h = 80cm = 0.8m$$
$$g = 10\,\frac{N}{Kg}$$

לפי חוק שימור האנרגיה, כמות האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בתחילת הנפילה שווה לאנרגיה הקינטית בסופה:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$
$$0.02 \cdot 10 \cdot 0.8 = \frac{1}{2} \cdot 0.02 \cdot v^2$$
$$0.16 = 0.01v^2 \ / :0.01$$
$$16 = v^2$$
$$v = 4\frac{m}{s}$$

ב. במקום מסת העכבר נציב את מסת הפיל - $m = 5,000Kg$:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$
$$5,000 \cdot 10 \cdot 0.8 = \frac{1}{2} \cdot 5,000 \cdot v^2$$
$$40,000 = 2,500v^2 \ / :2,500$$
$$16 = v^2$$
$$v = 4\frac{m}{s}$$

על אף ההבדל הגדול במסה בין העכבר לפיל קיבלנו מהירות פגיעה בקרקע שווה לשניהם. כפועל יוצא מכך גם משך הנפילה יהיה שווה. בחישוב זה התעלמנו מכוחות החיכוך. נפילה ללא חיכוך נקראת נפילה חופשית. ננסח מסקנה כללית:

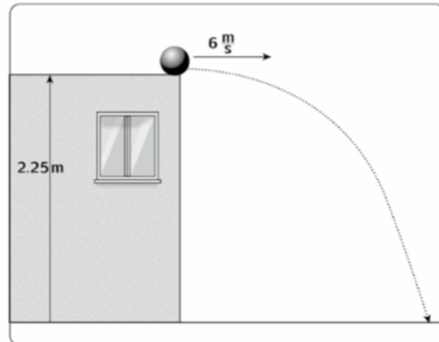
כל הגופים בנפילה חופשית, הנופלים מגובה שווה, יפגעו בקרקע באותו הזמן ובאותה המהירות, ללא קשר למסתם.

למסקנה זאת הגיע כבר בתחילת המאה ה-17 גלילאו גליליי, והיא נקראת "חוק הנפילה של גלילאו".

חוק הנפילה של גלילאו מתקיים גם כאשר הגופים נעים במסלול כלשהו בהשפעת כוח הכובד, כאשר מתעלמים מכוחות החיכוך, כפי שמתואר בדוגמה להלן:

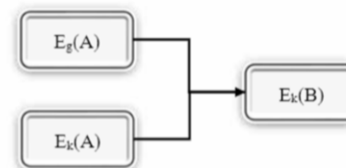
שאלה לדוגמה:

כדור נזרק מגג שגובהו 2.25m במהירות של $6\frac{m}{s}$. מה תהיה מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע?



פתרון:

נסמן את נקודת ההתחלה - הגג - באות A ואת נקודת הסיום הפגיעה בקרקע - באות B. נקבע את מישור הייחוס בקרקע. בהתחלה יש לכדור הן אנרגיה פוטנציאלית כובדית והן אנרגיה קינטית כי הכדור נמצא בגובה וגם יש לו מהירות. בסוף יש לכדור רק אנרגיה קינטית, כי הוא הגיע למישור הייחוס. נציג זאת בעזרת תרשים זרימה:



כעת נכתוב משוואה שתייצג את חוק שימור האנרגיה. המסה לא נתונה, לכן נציב את האות m שתצטמצם בהמשך:

$$E_g(A) + E_k(A) = E_k(B)$$

$$mgh_A + \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$m \cdot 10 \cdot 2.25 + \frac{1}{2}m \cdot 6^2 = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$22.5m + 18m = \frac{1}{2}mv_B^2 \ / :m$$

$$40.5 = \frac{1}{2}v_B^2$$

$$81 = v_B^2$$

$$v_B = 9\frac{m}{s}$$

מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע תהיה 9 מטרים בשנייה.

שאלות – פרק 2

בכל השאלות בפרק זה אפשר להתעלם מכוחות החיכוך אלא אם כן נאמר אחרת.

שאלות הכוללת את הנוסחה לחישוב אנרגיה פוטנציאלית כובדית.

1. נער שמסתו 60 קילוגרם מעפיל לפסגת הר שגובהו 300 מטר. כמה אנרגיה הנער משקיע בטיפוס?

2. משה זרק כלפי מעלה אבן שמסתה 3Kg.
   א. לאיזה גובה הגיעה האבן אם בזריקה הושקעה אנרגיה בשיעור של 450j?

   ____

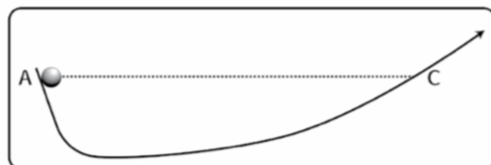
   ____

   ב. כמה אנרגיה קינטית הייתה לאבן כשהגיעה לשליש הגובה הנ"ל?

   ____

   ____

3. כדור כסף מאלומיניום משוחרר בנקודה A, ונע ללא חיכוך לאורך המעקם. נקודה C נמצאת באותו הגובה של נקודה A.



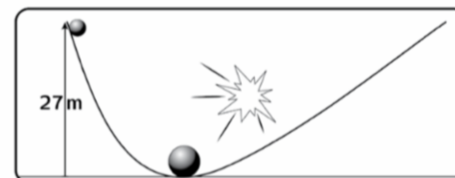
   א. היכן ייעצר הכדור אם אין חיכוך? לפני נקודה C, אחרי נקודה C או בנקודה C?

   ____

   ב. היכן ייעצר הכדור אם החיכוך אינו זניח? לפני נקודה C, אחרי נקודה C או בנקודה C?

   ____

4. כדור A ניצב בראש מסילה בגובה של 27m, כמתואר בתרשים שלפניכם, ומתחיל להתגלגל מטה, שם הוא מתנגש בכדור B. כתוצאה מההתנגשות כדור A חוזר ועולה שמאלה לגובה של 3m, וכדור B עולה ימינה. מסת כדור A היא 200gr, ומסת כדור B היא 400gr.



א. מדוע כדור A חוזר לגובה נמוך יותר?

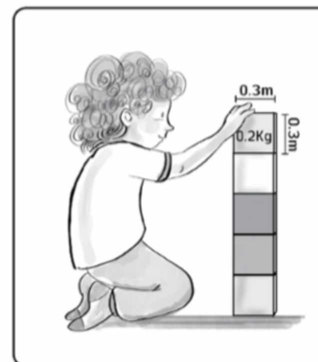
____

ב. לאיזה גובה יעלה כדור B מצדה הימני של המסילה?

____

____

5. ילדה בונה מגדל מחמש קוביות, שמסת כל אחת מהן היא 0.2Kg. צלע כל אחת מהקוביות (אורך, רוחב וגובה) היא 0.3m. בתחילה היו כל הקוביות מונחות על הרצפה. כמה אנרגיה השקיעה הילדה בבניית המגדל?



____

____

____

____

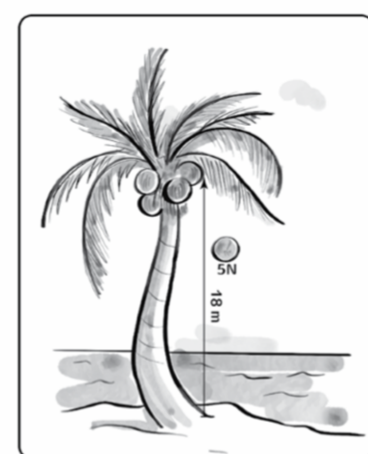
____

____

____

____

6. אגוז קוקוס שמשקלו 5N ניתק מענף בגובה של 18m מהקרקע.



א. כמה אנרגיה פוטנציאלית כובדית הפסיד האגוז במהלך הנפילה?

____

____

ב. לאן "נעלמה" האנרגיה?

____

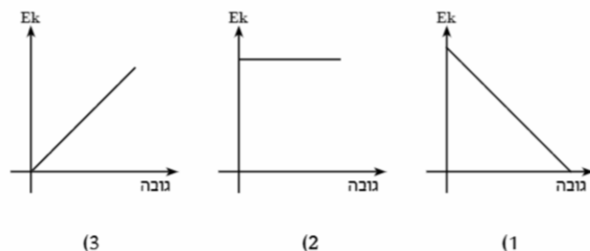
____

ג. באיזה גובה השתוותה האנרגיה הקינטית של האגוז לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית שלו?

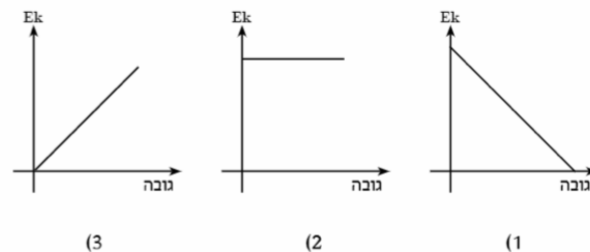
____

____

ד. איזה גרף מהגרפים שלפניכם יכול לתאר את האנרגיה הקינטית של האגוז כפונקציה של גובהו מהקרקע?

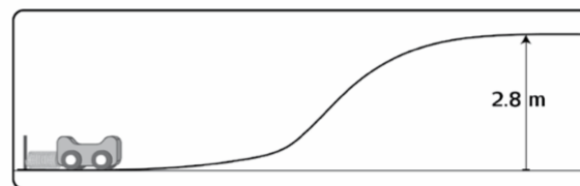


ה. איזה גרף מהגרפים שלפניכם יכול לתאר את האנרגיה המכנית הכוללת של האגוז כפונקציה של גובהו מהקרקע?



שאלות הכוללת את הנוסחאות לחישוב של האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית, האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית והאנרגיה הקינטית.

7. קרונית שמסתה 0.6Kg נהדפת על ידי קפיץ בעל קבוע של $240\frac{N}{m}$, שמכווץ בשיעור של 45cm, במעלה מעקם חלק שגובהו 2.8m. ראו בתרשים שלפניכם:



א. מלאו את הטבלה הבאה:

	אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (J)	אנרגיה פוטנציאלית כובדית (J)	אנרגיה קינטית (J)	סך הכול אנרגיה מכנית (J)
בתחתית המעקם, לפני שחרור הקפיץ				
בראש המעקם למעלה				

ב. מה תהיה מהירות הקרונית בראש המעקם?

____

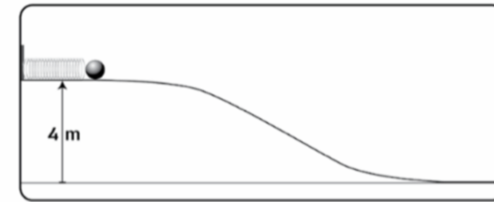
____

8. כדור שמסתו 3Kg מתגלגל במעלה גבעה שגובהה 7m, מהירות הכדור בתחתית הגבעה היא $12\frac{m}{s}$ האם יגיע הכדור לראש הגבעה?

____

____

9. קפיץ שקבוע הכוח שלו $400\frac{N}{m}$ מכווץ בשיעור של 80cm. הוא הודף כדור שמסתו 4Kg במורד מעקם שגובהו 4m.

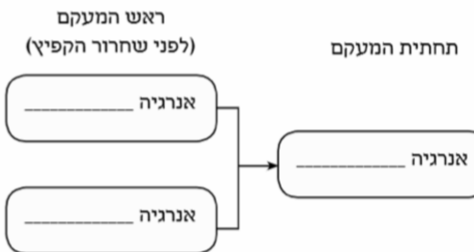


א. חשבו את האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית שאגורה בקפיץ המכווץ.

____

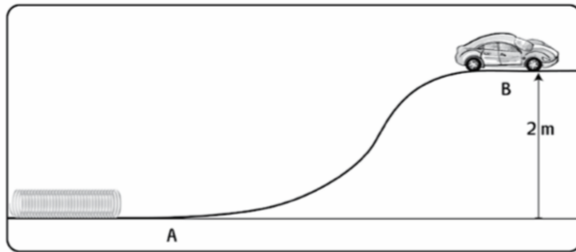
____

ב. מלאו במקום המתאים בתרשים שלפניכם (פוטנציאלית כובדית, קינטית, פוטנציאלית אלסטית):



ג. מה תהיה מהירות הכדור בתחתית המעקם?

10. קפיץ משגר מכונית צעצוע במעלה מעקם ללא חיכוך. מסת המכונית 500g, קבוע הכוח של הקפיץ $200\frac{N}{m}$. מהירות המכונית בראש המעקם (נקודה B) היא $3\frac{m}{s}$.



א. כמה אנרגיה קינטית יש למכונית בראש המעקם (נקודה B)?

____

____

ב. מה הייתה מהירות המכונית בתחתית המעקם לאחר שיגורה (נקודה A)?

____

____

____

____

ג. מה היה שיעור הכיווץ של הקפיץ?

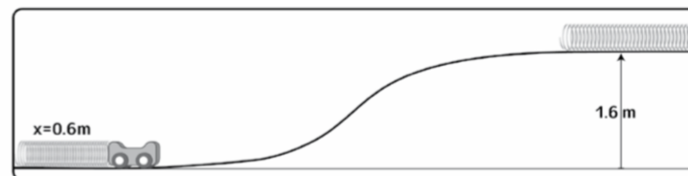
____

____

____

____

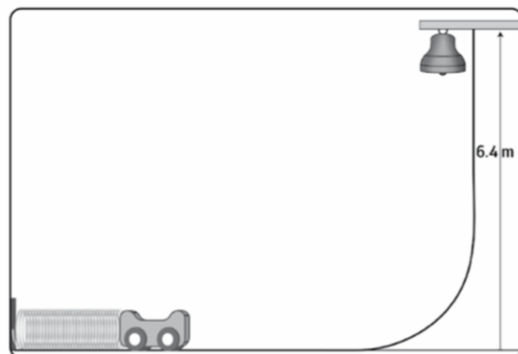
11. שני קפיצים זהים בעלי קבוע כוח של $300\frac{N}{m}$, מחוברים בשני קצותיו של מעקם חלק, שגובהו 1.6m. הקפיץ התחתון מכווץ בשיעור של0.6m , ומשגר קרונית שמסתה 3Kg במעלה המעקם. הקרונית נעה במעלה המעקם עד שהיא נבלמת על ידי הקפיץ העליון.



א. חשבו בכמה הקפיץ העליון מתכווץ כדי לעצור את הקרונית.

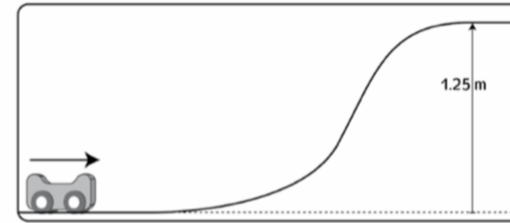
ב. תארו את המשך תנועת הקרונית.

12. מתקן בפארק שעשועים בנוי ממסילה שבתחתיתה קפיץ בעל קבוע של $2,400\frac{N}{m}$. קרונית שמסתה 6Kg צמודה לקפיץ מכווץ. כאשר משחררים את הקרונית, היא נעה לאורך המסילה, ופוגעת בפעמון הנמצא בגובה של 6.4m. הפעמון משמיע צליל כאשר הקרונית פוגעת בו במהירות של $4\frac{m}{s}$ לפחות.



בכמה יש לכווץ את הקפיץ כדי שהפעמון ישמיע צליל?

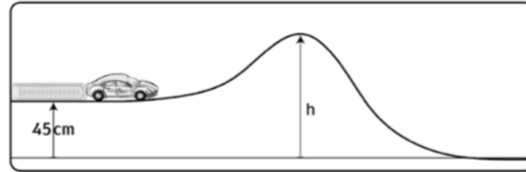
13. קרונית ריקה שמסתה 3Kg עולה במסילה חלקה כמתואר בתרשים שלפניכם:



א. מה צריכה להיות מהירות הקרונית בתחתית המסילה כדי שתגיע לראש המסילה?

ב. ממלאים את הקרונית בחול. האם המהירות הדרושה לקרונית העמוסה, שבתחתית המסילה, להגיע לראש המסילה, גדולה יותר מזו של הקרונית הריקה, קטנה יותר או שווה לה?

14. קפיץ בעל קבוע כוח של $k = 200\frac{N}{m}$ משגר מכונית צעצוע שמסתה 0.5Kg מגובה של 45cm במעלה גבעה. הקפיץ מכווץ בשיעור של 20cm, ומהירות המכונית כשהיא מגיעה לראש הגבעה היא $3\frac{m}{s}$. כמתואר בתרשים שלפניכם:

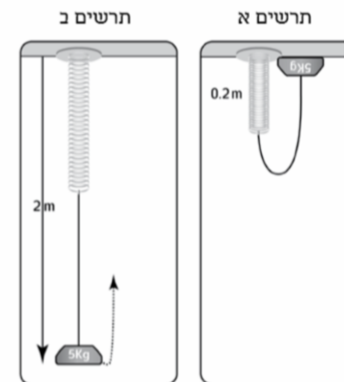


א. כמה אנרגיה פוטנציאלית אלסטית אגורה בקפיץ המכווץ?

ב. מצאו את גובה הגבעה h.

ג. מה תהיה מהירות המכונית כשהיא תגיע לתחתית הגבעה מצדה האחר?

15. משקולת שמסתה $5kg$ דבוקה לתקרה, וקשורה בחוט לקצהו התחתון של קפיץ אנכי המחובר בקצהו העליון לתקרה. הקפיץ רפוי, מסתו זניחה ואורכו $0.2m$. ראו תרשים א. המשקולת ניתקת מהתקרה, נופלת אנכית כלפי מטה, ונעצרת רגעית בגובה של $2m$ מתחת לתקרה. ראו תרשים ב.



נתון: אורך החוט הוא $1.3m$.

א. חשבו את קבוע הקפיץ.

____

____

____

____

____

____

ב. לאחר המצב המתואר בתרשים ב, המשקולת נמשכת למעלה. עד לאיזה גובה היא תגיע?

____

____

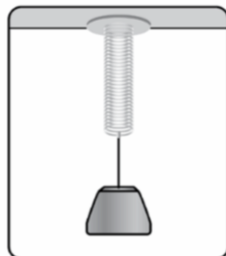
16. משקולת שמסתה $2Kg$ תלויה על קפיץ בעל קבוע כוח של $100\frac{N}{m}$. במצב המתואר בתרשים שלפניכם מחזיקים את המשקולת כך שהקפיץ רפוי, ומשחררים. איזה מרחק תיפול המשקולת עד לנקודה הנמוכה ביותר שאליה היא מגיעה?

____

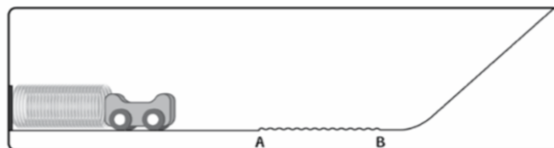
____

____

____



17. קפיץ בעל קבוע של $500\frac{N}{m}$ מכווץ בשיעור של $0.4m$ ומשגר קרונית שמסתה $5Kg$ במעלה מסילה. קטע המסילה AB אינו חלק, אבל שאר המסילה חלקה. בכל פעם שהקרונית עוברת את הקטע AB היא מפסידה אנרגיה מכנית של 8.75 ג'אול.



א. חשבו את האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית האגורה בקפיץ המכווץ.

____

____

ב. מה תהיה מהירות הקרונית בהגיעה לנקודה A בפעם הראשונה?

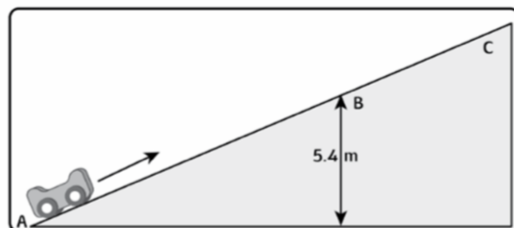
ג. עד לאיזה גובה תעלה הקרונית במעלה המסילה? הניחו שהקרונית אינה נופלת מהמסילה.

ד. כשהקרונית חוזרת שנית אל הקפיץ, חשבו בכמה הקפיץ מתכווץ כדי לעצור את הקרונית.

ה. האם הקרונית תחזור אל הקפיץ בפעם השלישית?

18. כדור נופל מגובה של 16.2m. באיזו מהירות הוא פוגע בקרקע?

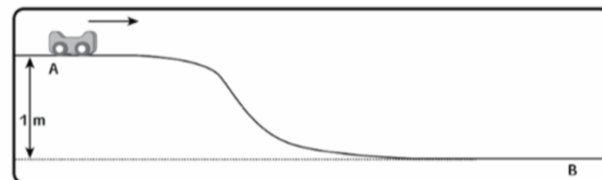
19. קרונית נעה ללא חיכוך במעלה מישור משופע. מהירותה של הקרונית בתחתית המישור (נקודה A בתרשים) הייתה $12\frac{m}{s}$. הקרונית נעצרה בנקודה C.



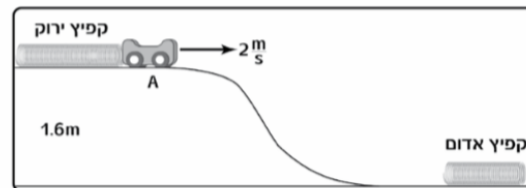
א. חשבו את הגובה של נקודה C.

ב. חשבו את המהירות שהייתה לקרונית כשחלפה בנקודה B.

20. קרונית נוסעת במורד מעקם חלק שגובהו 1 מטר. מהירות הקרונית בראש המעקם (נקודה A) היא $4\frac{m}{s}$. חשבו את מהירות הקרונית בתחתית המעקם.



21. בניסוי מסוים, קרונית שמסתה 4Kg נהדפת על ידי קפיץ ירוק בעל קבוע של $400\frac{N}{m}$. מהירות הקרונית לאחר שנהדפה, אך כשהיא טרם התחילה לרדת (בנקודה A שבתרשים), היא $2\frac{m}{s}$. בהמשך הקרונית נעה במורד מסילה חלקה שגובהה 1.6m, ובקצה התחתון של המסילה היא נבלמת בקפיץ אדום בעל קבוע של $900\frac{N}{m}$. ראו בתרשים שלפניכם:



א. מה היה שיעור הכיווץ של הקפיץ הירוק לפני שהדף את הקרונית?

ב. חשבו את שיעור הכיווץ המרבי של הקפיץ האדום.

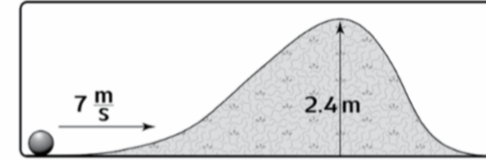
ג. האם תחזור הקרונית אל הקפיץ הירוק? אם כן, מה יהיה שיעור הכיווץ המרבי של הקפיץ הירוק? אם לא, נמקו!

בניסוי שני מוסיפים משקולת לקרונית וחוזרים על הניסוי באותה המערכת. מכווצים את הקפיץ הירוק באותו השיעור כמו בניסוי הראשון ומשחררים אותו כך שהוא הודף את הקרונית.

ד. האם בניסוי השני המהירות של הקרונית תישאר $2\frac{m}{s}$, תהיה גדולה יותר, או תהיה קטנה יותר. נמקו.

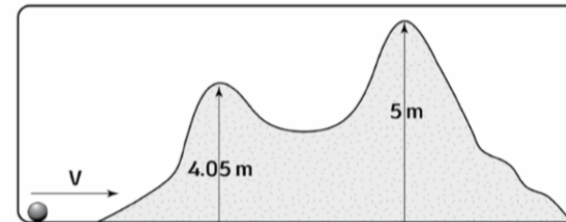
ה. האם שיעור הכיווץ המרבי של הקפיץ האדום לאחר שבלם את הקרונית, יגדל, יקטן או לא ישתנה לעומת הניסוי הראשון? נמקו.

22. כדור אדום מתגלגל במעלה גבעה ירוקה שגובהה $2.4m$, מהירות הכדור בתחתית הגבעה היא $7\frac{m}{s}$.



האם יגיע הכדור לראש הגבעה?

23. כדור קטן נע ללא חיכוך על פני מסילה בעלת שתי פסגות. נתון שהכדור עובר את הפסגה הראשונה שגובהה $4.05m$, אך אינו עובר את הפסגה השנייה שגובהה $5m$. ראו בתרשים שלפניכם:

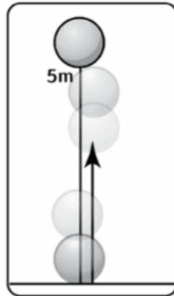


א. מה אפשר לדעת על הגובה שבו נעצר הכדור?

ב. מה אפשר לדעת על המהירות ההתחלתית v של הכדור?

ג. האם על פי נתוני השאלה אפשר לדעת את מסת הכדור?

24. כדור גומי נופל מגובה, ומקפץ על הרצפה מספר פעמים.
בכל פעם כשהוא פוגע ברצפה וחוזר ממנה הוא מפסיד 20% ממהירותו.
יום אחד נפל הכדור מגובה של 5 מטרים.



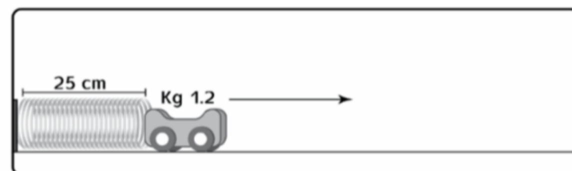
א. באיזו מהירות פגע הכדור ברצפה?

ב. כמה אחוזים מהאנרגיה המכנית נעלמים במהלך ההתנגשות עם הרצפה?

ג. עד לאיזה גובה הגיע הכדור לאחר שפגע ברצפה, וקיפץ למעלה בפעם הראשונה?

ד. עד לאיזה גובה הגיע הכדור לאחר שפגע ברצפה וקיפץ למעלה בפעם השנייה?

25. קפיץ בעל קבוע של $480\frac{N}{m}$ מכווץ בשיעור של 25 סנטימטר. הקפיץ משגר קרונית אפורה שמסתה 1.2 קילוגרם.



א. כמה אנרגיה פוטנציאלית אלסטית אגורה בקפיץ?

ב. כמה אנרגיה קינטית תהיה לקרונית האפורה לאחר השיגור?

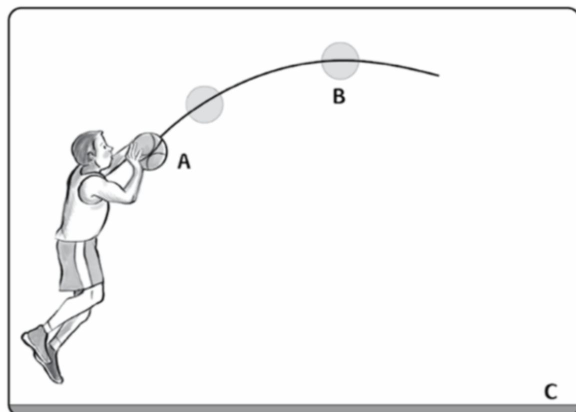
ג. מה תהיה מהירות הקרונית האפורה לאחר השיגור?

ד. קרונית שחורה משוגרת באותם התנאים (אותו הקפיץ ואותו הכיווץ). מסת הקרונית השחורה גדולה יותר ממסת הקרונית האפורה.

1) האם האנרגיה הקינטית של הקרונית השחורה תהיה גדולה יותר מהאנרגיה הקינטית של הקרונית האפורה, קטנה ממנה או שווה לה?

2) האם מהירות הקרונית השחורה תהיה גדולה יותר ממהירות הקרונית האפורה, קטנה ממנה או שווה לה?

26. שחקן כדורסל זורק כדורסל שמסתו 0.6 קילוגרם מגובה התחלתי של 1.8 מטר (נקודה A בתרשים שלפניכם). מהירות הזריקה היא $8\frac{m}{s}$, ומהירות הכדור בשיא הגובה היא $3\frac{m}{s}$ (נקודה B בתרשים שלפניכם). חיכוך הכדור עם האוויר זניח.

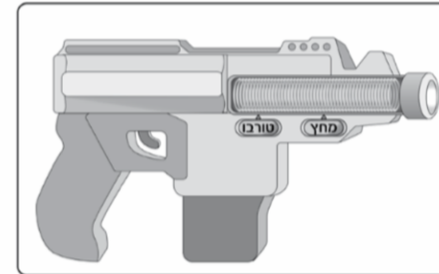


א. מהו שיא הגובה שאליו הגיע הכדור (נקודה B)?

ב. מה תהיה מהירות הפגיעה של הכדור ברצפת הפרקט (נקודה C)?

ג. מהו הנתון הפיזיקלי המיותר בשאלה?

27. רובה חצים צעצוע מורכב מקפיץ הניתן לכיווץ בתוך הקנה. עם הלחיצה על ההדק הקפיץ משתחרר ויורה את החץ. לרובה ישנם שני מצבים: "מצב מחץ", שבו הקפיץ מכווץ בשיעור x, ומצב "טורבו" שבו הקפיץ מכווץ בשיעור $2x$.



א. האנרגיה שהשחקן צריך להשקיע כדי לכווץ את הקפיץ ל"מצב מחץ" היא $1.5J$. כמה אנרגיה השחקן צריך להשקיע כדי לכווץ את הקפיץ ל"מצב טורבו"?

ב. במצב טורבו החץ נורה במהירות של $8\frac{m}{s}$. מהי המהירות שבה נורה החץ במצב מחץ?

28. האנרגיה הדרושה להאיץ מכונית מ-0 ל-$10\frac{m}{s}$ היא E.

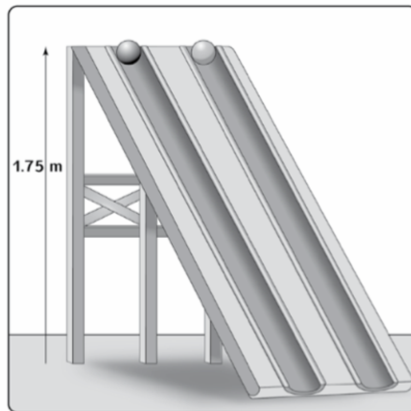
א. כמה אנרגיה דרושה כדי להאיץ את המכונית מ-$10\frac{m}{s}$ ל-$20\frac{m}{s}$?

ב. כמה אנרגיה דרושה כדי להאיץ את המכונית מ-$5\frac{m}{s}$ ל-$15\frac{m}{s}$?

29. האנרגיה הקינטית של כדור מתגלגל מורכבת משני איברים: אנרגיה קינטית קווית ואנרגיה קינטית סיבובית. האנרגיה הקינטית הקווית נובעת מהמהירות הקווית של הכדור. זהו האיבר שאליו התייחסנו עד כה, וגודלו שווה ל-$\frac{1}{2}mv^2$. האיבר השני הוא האנרגיה הקינטית הסיבובית שנובעת מסיבוב הכדור סביב עצמו (עד כה התעלמנו מאיבר זה, על אף שאינו זניח, בהנחה שהכדור מחליק ולא מתגלגל). כאשר כדור מלא מתגלגל על משטח או על מסילה, האנרגיה הקינטית הסיבובית שלו היא $\frac{2}{5}$ מהאנרגיה הקינטית הקווית. ערך זה אינו תלוי ברדיוס הכדור או במסתו, ובלבד שהכדור מלא באופן אחיד.

א. כדור מלא שמסתו $4Kg$ מתגלגל על פני משטח אופקי במהירות של $3.5\frac{m}{s}$. חשבו את האנרגיה הקינטית של הכדור. התייחסו לשני האיברים.

ב. כדור מלא מתחיל להתגלגל במורד מסילה משופעת מגובה של $1.75m$. מה תהיה מהירות הכדור כשיגיע לתחתית המסילה?



ג. כאשר כדור חלול מתגלגל על פני משטח או מסילה, האנרגיה הקינטית הסיבובית שלו היא $\frac{2}{3}$ מהאנרגיה הקינטית הקווית. כדור חלול וכדור מלא מתחילים להתגלגל במורד המסילה. האם יגיע הכדור החלול לתחתית המסילה מהר יותר מהכדור המלא או לאט יותר?

תשובות – פרק 2

1. 180,000J

2. א. 15m
ב. 300J

3. א. בנקודה C.
ב. לפני נקודה C.

4. א. כי חלק מהאנרגיה המכנית שהייתה לכדור A עברה עקב ההתנגשות לכדור B.
ב. 12m

5. 6J

6. א. 90J.
ב. האנרגיה הפכה לאנרגיה קינטית.
ג. 9m.
ד. (1)
ה. (2)

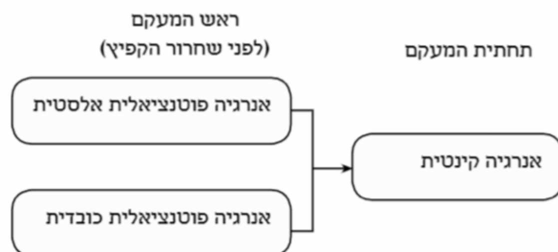
7. א.

	אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (J)	אנרגיה פוטנציאלית כובדית (J)	אנרגיה קינטית (J)	סך הכול אנרגיה מכנית (J)
בתחתית המעקם, לפני שחרור הקפיץ	24.3	0	0	24.3
בראש המעקם למעלה	0	16.8	7.5	24.3

ב. $5\frac{m}{s}$

8. כן.

9. א. 128J
ב.



ג. $12\frac{m}{s}$

10. א. $2.25J$

ב. $7\frac{m}{s}$

ג. $35cm$

11. א. $0.2m$

ב. הקרונית תיהדף על ידי הקפיץ העליון ותנוע במורד המעקם עד שתיבלם על ידי הקפיץ התחתון וחוזר חלילה.

12. $60cm$ לפחות.

13. א. $5\frac{m}{s}$

ב. שווה לה.

14. א. $4J$

ב. $80cm$

ג. $5\frac{m}{s}$

15. א. $800\frac{N}{m}$

ב. המשקולת תגיע עד לתקרה (או כמעט עד התקרה, אם יש מעט חיכוך), תיעצר לרגע, תיפול שוב למטה, וחוזר חלילה.

16. $40cm$

17. א. $40J$

ב. $4\frac{m}{s}$

ג. $62.5cm$

ד. $30cm$.

ה. כן.

18. $18\frac{m}{s}$

19. א. $7.2m$

ב. $6\frac{m}{s}$

20. $6\frac{m}{s}$

21. א. $20cm$

ב. $40cm$

ג. כן. $20cm$.

ד. קטנה יותר.

ה. לא ישתנה.

22. כן.

23. א. $4.05m < h < 5m$

ב. $9\frac{m}{s} < v < 10\frac{m}{s}$

ג. לא. בביטוי המכיל אנרגיה פוטנציאלית כובדית ואנרגיה קינטית מסת הגוף מצטמצמת.

24. א. $10\frac{m}{s}$

ב. 36 אחוזים.

ג. $3.2m$

ד. $2.048m$

25. א. $15J$
ב. $15J$
ג. $5\frac{m}{s}$
ד. 1) שווה לה.
2) קטנה ממנה.

26. א. $4.55m$
ב. $10\frac{m}{s}$
ג. מסת הכדור.

27. א. $6J$
ב. $4\frac{m}{s}$

28. א. $3E$
ב. $2E$

29. א. $34.3J$
ב. $5\frac{m}{s}$
ג. לאט יותר

פרק 3 – חשמל

הכוח החשמלי

בטבע קיימים שלושה כוחות הפועלים ממרחק - ללא מגע בין הגופים - כוח הכובד, הכוח המגנטי והכוח החשמלי. כוח הכובד הוא אינטראקציה בין כל שני גופים, ואילו הכוח המגנטי והכוח החשמלי הם אינטראקציות הפועלות רק בין חלק מהגופים.

מטען חשמלי

לגופים או לחלקיקים שמשתתפים באינטראקציה החשמלית מייחסים תכונה הנקראת מטען חשמלי. גופים או חלקיקים שאינם משתתפים באינטראקציה החשמלית הם חסרי מטען - ניטרליים. האינטראקציה החשמלית יכולה להיות של כוח משיכה בין הגופים או של כוח דחייה בין גופים אחרים. כדי להסביר את המשיכה ואת הדחייה פותח מודל של שני סוגי מטען חשמלי - חיובי ושלילי, כך שגופים או חלקיקים הטעונים במטענים מנוגדי סימן מושכים זה את זה, וגופים או חלקיקים הטעונים במטענים הזהים בסימנם דוחים זה את זה.

חוק שימור המטען החשמלי

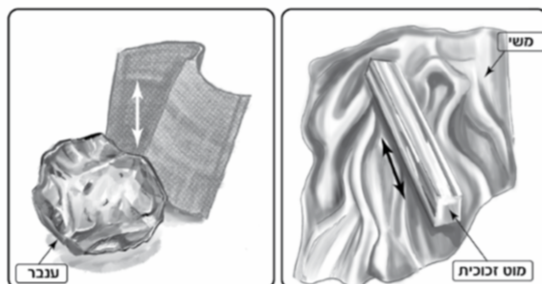
המטען החשמלי הוא גודל פיזיקלי נשמר, כלומר הוא אינו נוצר יש מאין ואינו נעלם. במערכת סגורה שלא יוצא ממנה או נכנס אליה מטען חשמלי המטען הכולל במערכת אינו משתנה.

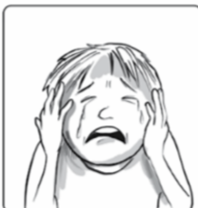


בנג'מין פרנקלין (1790-1706), סופר, מדינאי ומדען אמריקני, פיתח את המודל של שני סוגי המטען החשמלי - חיובי ושלילי.

כאשר מחככים חומרים שונים זה בזה הם נטענים חשמלית, תופעה הנקראת בשפת היומיום "חשמל סטטי". פרנקלין טען שבעת החיכוך עובר מטען חשמלי מגוף אחד לגוף האחר, כך שגוף אחד נטען במטען חיובי והגוף האחר נטען במטען שלילי.

פרנקלין קבע שהמטען המתקבל על הזכוכית בעקבות חיכוך של מקל זכוכית בבד משי הוא מטען "חיובי", ואילו מטען המתקבל על הענבר בעקבות חיכוך ענבר עם פרווה הוא מטען "שלילי".





קביעת הסימנים הייתה שרירותית, ופרנקלין גם היה יכול לקבוע את ההפך. כ-150 שנה לאחר מכן, עם גילוי האלקטרון, התברר שמטענו החשמלי הוא שלילי. תורת החשמל הייתה פשוטה יותר (וקלה יותר לתלמידים) אילו פרנקלין היה קובע קביעה מנוגדת של סימני המטענים, כך שמטען האלקטרון היה מתגלה כחיובי.

אטומים ויונים

החלקיקים המרכיבים את כל האטומים והמולקולות בטבע הם:

- האלקטרון - בעל מטען שלילי.
- הפרוטון - בעל מטען חיובי.
- הניטרון - חסר מטען.

הפרוטון והניטרון מרכיבים את גרעין האטום, לכן מטען הגרעין תמיד חיובי ומושך אליו את האלקטרונים.

המטענים של הפרוטון והאלקטרון שווים בגודלם (בערך מוחלט) ומנוגדים בסימנם.

לדוגמה: אטום המימן מורכב מפרוטון יחיד ומאלקטרון יחיד, כאשר הכוח החשמלי מחזיק אותם יחד. המטען הכולל של האטום הוא סכום המטענים של הפרוטון והאלקטרון ושווה לכן ל-0.

כאשר מספר האלקטרונים שונה ממספר הפרוטונים האטום הופך ליון:

- יון חיובי: כאשר מספר האלקטרונים קטן ממספר הפרוטונים.
- יון שלילי: כאשר מספר האלקטרונים גדול ממספר הפרוטונים.

יחידת המידה של המטען החשמלי - קולון

יחידת המידה של המטען החשמלי נקראת קולון על שמו של הפיזיקאי הצרפתי שארל-אוגוסטן דה קולון (1736 - 1806) ומסומנת ב-C.

כמות מטען של קולון אחד מייצגת את המטען הכולל של $6.24 \cdot 10^{18}$ (6,240,000,000,000,000,000) אלקטרונים.

כמות המטען החשמלי מסומנת באות q או Q. לדוגמה: כמות מטען חשמלי של 3 קולון נכתבת כך: $q = 3C$

הגדרה נוספת של הקולון תינתן בהמשך.

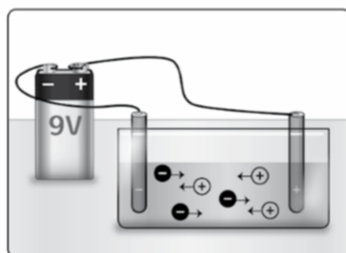


מודל פשוט של אטום המימן מתאר את האטום כאלקטרון הסובב במעגל סביב הפרוטון כפי שכוכב לכת מקיף את השמש.

הזרם החשמלי

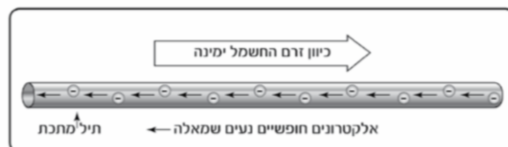
זרם חשמלי הוא תנועה מכוונת (בכיוון מסוים) של מטענים חשמליים. כדי שחומר יוכל להוליך זרם חשמלי, הוא צריך להכיל מטענים חופשיים - מטענים היכולים לנוע בתוך החומר. חומר כזה נקרא חומר מוליך. חומר ללא מטענים חופשיים אינו יכול להוליך זרם חשמלי, ונקרא חומר מבדד. נציג שתי דוגמאות של זרם חשמלי:

- תמיסה יונית - נוזל המכיל יונים חיוביים ויונים שליליים החופשיים לנוע בתוך הנוזל כך שהתמיסה מוליכה. צפיפות היונים החיוביים שווה לצפיפות היונים השליליים, לכן התמיסה עצמה אינה טעונה. כאשר מכניסים לתמיסה אלקטרודות (מוליכים המחוברים לסוללה חשמלית) היונים החיוביים נמשכים לאלקטרודה המחוברת להדק השלילי של הסוללה ונעים לעברה. היונים השליליים נמשכים לאלקטרודה המחוברת להדק החיובי של הסוללה, ונעים לעברה בכיוון מנוגד לתנועת היונים החיוביים.



כיוון הזרם החשמלי מוגדר ככיוון התנועה של המטענים החיוביים, והוא מנוגד לכיוון התנועה של המטענים השליליים.

- תיל מתכת - המתכות מוליכות חשמל מכיוון שנמצאים בתוכן אלקטרונים חופשיים. אלקטרון חופשי הוא אלקטרון שאינו קשור לאטום מסוים אלא קשור למתכת בכללותה, ועל כן הוא חופשי לנוע בתוכה. כאשר הזרם החשמלי בתיל הוא לכיוון מסוים, האלקטרונים, שמטענם שלילי, נעים בכיוון מנוגד.



הגדרה כמותית של הזרם החשמלי

עוצמת הזרם החשמלי היא כמות המטען החשמלי העוברת דרך חתך של המוליך ביחידת זמן.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

או:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t$$

Δq - כמות המטען בקולון (C).

Δt - פרק הזמן בשניות (s).

I – עוצמת הזרם בקולון לשנייה $(\frac{C}{s})$.

לשם פשטות הכתיבה, אפשר לכתוב את הנוסחאות גם ללא ה-Δ:

$$q = It$$

יחידת המידה קולון לשנייה נקראת אמפר – A, על שם הפיזיקאי הצרפתי אנדרה מרי אמפר (1775 - 1836).

אמפר אחד הוא זרם חשמלי של קולון אחד בכל שנייה.

> אמפר = קולון לשנייה.
>
> $A = (\frac{C}{s})$

הערה: מקובל לקבוע את האמפר כיחידת מידה יסודית המוגדרת על פי הכוח המגנטי הפועל בין שני תילים שעובר בהם זרם חשמלי. את יחידת המטען – קולון, מגדירים לפי האמפר.
קולון אחד הוא כמות המטען שעוברת בשנייה אחת דרך חתך של מוליך שזורם בו זרם של אמפר אחד.

שאלה לדוגמה:

סוללה מספקת זרם של 200mA (mA - מיליאמפר - אלפית האמפר).

א. מהי כמות המטען שעברה בסוללה במשך 10 דקות?

ב. כמה שעות על הסוללה לספק זרם של 200mA כדי שכמות המטען תהיה 4,500 קולון?

פתרון:

א. נתון:

$$I = 0.2A$$

$$\Delta t = 600s$$

נציב בנוסחה:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t = 0.2 \cdot 600 = 120C$$

כמות המטען שעברה בסוללה במשך 10 דקות היא 120C.

ב. נתון:

$$I = 0.2A$$

$$\Delta q = 4{,}500C$$

נציב בנוסחה:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t$$

$$4{,}500 = 0.2 \cdot \Delta t \quad |:0.2$$

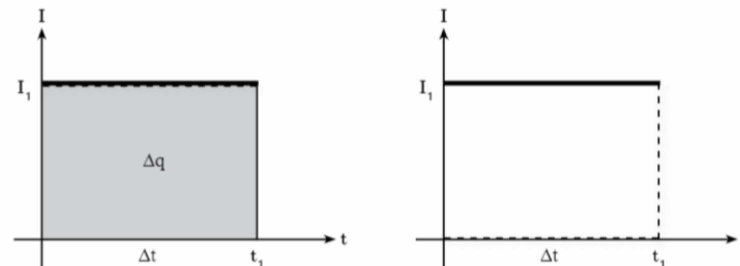
$$\Delta t = 22{,}500s = \frac{22{,}500}{60 \cdot 60} = 6\frac{1}{4}hr$$

כדי שכמות המטען תהיה 4,500 קולון על הסוללה לספק זרם של 200mA במשך $6\frac{1}{4}$ שעות.

גרף של זרם חשמלי כפונקציה של הזמן

- גרף של זרם קבוע:

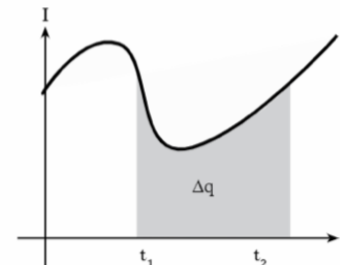
כאשר נתון גרף של זרם חשמלי קבוע, שאינו משתנה בפרק הזמן הנתון, כמתואר בתרשים א, אפשר לחשב את כמות המטען הכוללת שעברה דרך חתך של מוליך באמצעות הנוסחה $\Delta q = I \cdot \Delta t$. הערך של Δq שווה לשטח המלבן הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן (הציר האופקי), ראו תרשים ב:



תרשים א   תרשים ב

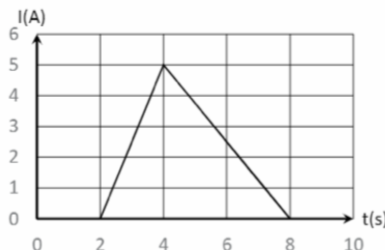
- גרף של זרם משתנה:

גם כאשר נתון גרף של זרם חשמלי משתנה, שאינו קבוע בערכו בפרק הזמן הנתון (בין t1 ל-t2), כמות המטען הכוללת שעברה דרך חתך של מוליך שווה לשטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן. ראו בתרשים שלפניכם:



שאלה לדוגמה:

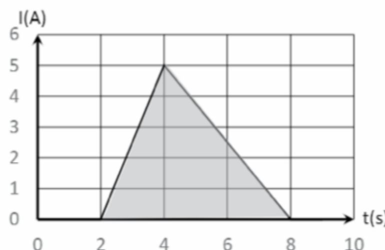
נתון גרף של זרם חשמלי העובר במוליך כפונקציה של הזמן:



מצאו את כמות המטען שעברה במוליך בפרק הזמן $2s < t < 8s$.

פתרון:

כמות המטען שעברה במוליך בפרק הזמן $2s < t < 8s$ שווה לשטח המשולש הכלוא בין הגרף לציר הזמן. משולש שבסיסו $8 - 2 = 6s$ וגובהו $5A$. ראו בתרשים שלהלן:

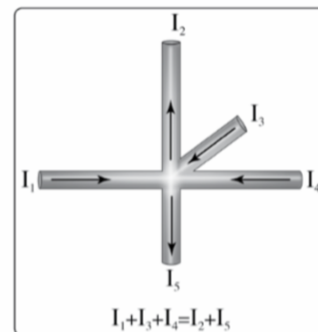


נחשב את כמות המטען:

$$\Delta q = \frac{6 \cdot 5}{2} = 15C$$

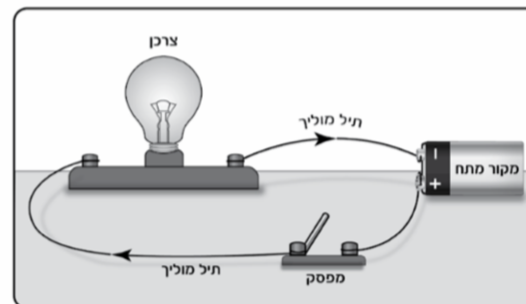
חוק הצומת

מחוק שימור המטען נובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת.
לדוגמה, על פי חוק הצומת בתרשים שלפניכם, מתקיים:

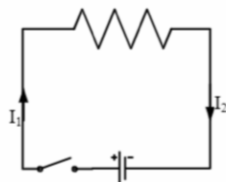


המעגל החשמלי היסודי

רכיבי המעגל החשמלי היסודי הם מקור מתח (לדוגמה סוללה), צרכן שנקרא גם נגד (לדוגמה נורה), מפסק ותילים מוליכים. ראו באיור:



רכיבי המעגל מיוצגים על ידי סמלים מוסכמים: מקור מתח - , צרכן (נגד) , מפסק ותילים מוליכים המיוצגים על ידי קו שמחבר בין הרכיבים השונים. ראו בתרשים שלפניכם:



כשהמפסק סגור, המטענים זורמים לאורך המעגל, עוברים דרך מקור המתח ודרך הצרכן (למעשה המטענים הם אלקטרונים הזורמים בכיוון מנוגד לכיוון המוגדר של הזרם). האלקטרונים החופשיים נמצאים בכל רכיבי המעגל החשמלי, ולא נוצרים במקור המתח! הם גם לא מתכלים בצרכן. מסקנה הכרחית היא שהזרמים I_1 ו-I_2 שווים זה לזה. כשהמפסק פתוח המטענים עדיין נמצאים בכל חלקי המעגל אך הם מפסיקים לזרום.

> הסוללה אינה מכל אלקטרונים, והנורה אינה ממטרה שמתיזה אלקטרונים

המרות אנרגיה במעגל החשמלי

אם כך, מה מספק מקור המתח? מה צורך הצרכן? ומה תפקיד המטענים במעגל?

- מקור המתח מספק אנרגיה חשמלית, כלומר הוא ממיר אנרגיה כלשהי לאנרגיה חשמלית. דוגמאות: הסוללה ממירה אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. הדינמו (או גנרטור) הוא מתקן הממיר אנרגיה קינטית לאנרגיה חשמלית. תא סולרי ממיר קרינה לאנרגיה חשמלית.
- הצרכן צורך את האנרגיה החשמלית, כלומר ממיר אנרגיה חשמלית לאנרגיה כלשהי. דוגמאות: מצנם (טוסטר) ממיר אנרגיה חשמלית לחום, המנוע החשמלי ממיר אנרגיה חשמלית לאנרגיה קינטית. הנורה ממירה אנרגיה חשמלית לקרינה (אור). רמקול ממיר אנרגיה חשמלית לקול (גלי הקול הם צורה של אנרגיה).
- המטענים הזורמים במוליך נושאים עמם את האנרגיה שקיבלו במקור המתח ומוסרים אותה לצרכן.

מתח חשמלי

המתח החשמלי מבטא את כמות האנרגיה שמספק מקור המתח למטענים החשמליים העוברים דרכו

הגדרה:

- מתח חשמלי של מקור מתח הוא כמות האנרגיה שהמקור מספק ליחידת מטען.
- המתח על צרכן הוא כמות האנרגיה שמספקת לצרכן יחידת מטען.

הערה: הגדרת המתח כאן היא הגדרה ראשונית. בהמשך לימודי הפיזיקה תכירו הגדרה מדויקת יותר.

מההגדרה נובע שיחידת המידה של המתח היא $\frac{J}{C}$ - ג'ול לקולון. יחידה זו נקראת גם וולט - V. לדוגמה, מצבר של מכונית הוא בדרך כלל בעל מתח של 12V. המשמעות היא שכל קולון שעובר דרך המצבר מקבל אנרגיה של 12J.

היחידה וולט היא על שמו של המדען האיטלקי אלסנדרו וולטא (1827-1745), שהיה הראשון שבנה סוללה חשמלית שסיפקה זרם קבוע למשך פרק זמן ארוך.

הנוסחה המתאימה להגדרה היא:

$$V = \frac{\Delta E}{\Delta q}$$

כאשר:

V – המתח ביחידות של ג'ול לקולון ($\frac{J}{C}$).

ΔE - האנרגיה בג'ול (J)

Δq– כמות המטען בקולון (C).

אפשר גם ללא Δ:

$$V = \frac{E}{q}$$

או:

$$E = qV$$

נוסחה לחישוב כמותי של האנרגיה במעגל החשמלי

נשלב את הגדרת המתח עם הגדרת הזרם, ונקבל ביטוי כמותי של האנרגיה במעגל החשמלי:

$$\begin{cases} q = it \\ E = Vq \end{cases}$$

$$E = Vit$$

הספק: קצב המרת האנרגיה

ההספק מסומן ב-P, ונוסחת ההספק היא:

$$P = \frac{E}{t}$$

יחידת המידה של ההספק על פי ההגדרה היא ג'ול לשנייה - $\frac{J}{s}$. יחידה זו נקראת גם ואט - W, על שמו של המהנדס הסקוטי ג'יימס ואט (1819-1736).

ההספק של מקור המתח במעגל החשמלי הוא הקצב שבו מקור המתח מספק את האנרגיה למעגל. וההספק של צרכן הוא הקצב שבו הוא צורך את האנרגיה החשמלית.

חוק ג'ול

נשלב את נוסחת האנרגיה עם נוסחת ההספק:

$$\begin{cases} E = VIt \\ P = \frac{E}{t} \end{cases}$$

$$P = \frac{VI\cancel{t}}{\cancel{t}}$$

קיבלנו את חוק ג'ול:

$$P = IV$$

התנגדות

הגורמים המשפיעים על עוצמת הזרם החשמלי במעגל היסודי הם מקור המתח והצרכן. התכונה של הצרכן הקובעת את עוצמת הזרם דרכו נקראת התנגדות, והצרכן נקרא לעתים נגד. ככל שההתנגדות **גדולה** יותר, כך הזרם **קטן** יותר. ההתנגדות מיוצגת על ידי האות R.

הגדרת ההתנגדות

התנגדות של הצרכן במעגל היסודי היא היחס בין מתח המקור לזרם (הגדרה זו מתאימה גם לצרכן במעגל מורכב יותר, כלומר התנגדות של הצרכן היא היחס בין המתח עליו לזרם הזורם בו). יחידת המידה של התנגדות חשמלית נקראת אוהם, ומסומנת באות היוונית אומגה - Ω.

חוק אוהם

ניסוח כמותי של הגדרת ההתנגדות:

$$R = \frac{V}{I}$$

או:

$$V = IR$$

חוק אוהם נקרא על שם הפיזיקאי הגרמני סימון גיאורג אוהם (1789-1854).

הספק של נגד: אם נשלב את חוק אוהם ואת חוק ג'ול, נקבל ביטויים נוספים להספק של צרכן R:

$$\begin{cases} P = IV \\ V = IR \end{cases}$$

$$P = I \cdot IR = I^2R$$

$$P = IV = \frac{V}{R} \cdot V = \frac{V^2}{R}$$

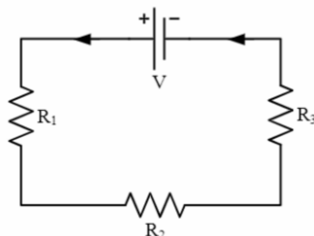
והביטויים שקיבלנו הם:

$$P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

מעגל טורי

במעגל טורי הנגדים מחוברים בזה אחר זה ללא התפצלות. המסלול מההדק החיובי של מקור המתח אל ההדק השלילי חייב לעבור דרך כל הנגדים.

במעגל שלפניכם מחוברים בטור למקור מתח V מספר כלשהו (שלושה בדוגמה כאן) של נגדים: R_1, R_2, R_3...



- לפי חוק שימור המטען החשמלי, הזרם שווה בכל חלקי המעגל. הזרם היוצא מהמקור, הזרם העובר בכל אחד מהנגדים, והזרם הנכנס למקור שווים זה לזה. נסמן את הזרם במעגל ב-I.
- לפי חוק שימור האנרגיה, האנרגיה שהמקור מספק שווה לאנרגיה שהנגדים צורכים. המשמעות היא שמתח המקור שווה לסכום המתחים על הנגדים. לכן:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

חוק אוהם מתקיים לכל נגד בפני עצמו לכן:

$$V_1 = IR_1$$
$$V_2 = IR_2$$
$$V_3 = IR_3$$

וקיבלנו:

$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

נגד שקול

הביטוי שבסוגריים הוא סכום הנגדים ונקרא **הנגד השקול** - R_t, שמשמעותו נגד יחיד שיכול להחליף את הנגדים במעגל או קבוצה של נגדים, כך שהזרם במעגל לא ישתנה. ההתנגדות של הנגד השקול נקראת **ההתנגדות השקולה**.

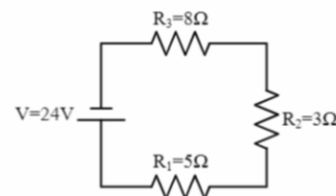
במעגל טורי ההתנגדות השקולה היא:

$$R_t = (R_1 + R_2 + R_3 + ...)$$

מכאן שכאשר מוסיפים נגד נוסף בטור, ההתנגדות השקולה גדלה והזרם במעגל קטן.

שאלה לדוגמה:

נתון המעגל שלפניכם:



א. חשבו את הזרם במעגל.

ב. חשבו את המתח על כל אחד מהנגדים.

ג. הראו שסכום המתחים על הנגדים שווה למתח המקור.

פתרון:

א. ראשית נחשב את ההתנגדות השקולה של שלושת הנגדים:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 3 + 8 = 16\Omega$$

כעת אפשר לחשב את הזרם במעגל:

$$I = \frac{V}{R_t} = \frac{24}{16} = 1.5A$$

ב. הזרם שמצאנו הוא גם הזרם בכל אחד מהנגדים, וכך נחשב את המתח על כל נגד בעזרת חוק אוהם:

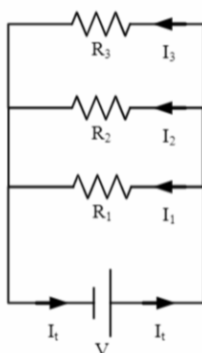
$$V_1 = IR_1 = 1.5 \cdot 5 = 7.5V$$
$$V_2 = IR_2 = 1.5 \cdot 3 = 4.5V$$
$$V_3 = IR_3 = 1.5 \cdot 8 = 12V$$

ג. נבדוק שאכן סכום המתחים על הנגדים שווה למתח המקור:

$$7.5V + 4.5V + 12V = 24V$$

מעגל מקבילי

נגדים המחוברים במקביל נמצאים על ענפים מקבילים – ענפים שמחוברים לנקודות קצה משותפות. ראו בתרשים שלפניכם:



- המתח על כל אחד מהנגדים שווה למתח המקור,

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

- על פי חוק שימור המטען.

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_t$$

נוסחה לחישוב ההתנגדות השקולה של מספר נגדים המחוברים במקביל

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

נוכיח את הנוסחה:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_t$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V$$

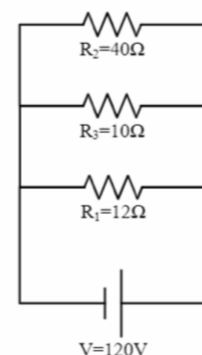
$$\frac{V}{R_t} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad |:V$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

נשים לב שאם מוסיפים נגד נוסף במקביל, ההתנגדות השקולה קטנה והזרם דרך המקור גדל.

שאלה לדוגמה:

נתון המעגל שלפניכם:



א. חשבו את הזרם בכל אחד מהנגדים.

ב. מהי ההתנגדות השקולה של שלושת הנגדים? ראשית, ענו ללא שימוש בנוסחת ההתנגדות השקולה, ואחר כך בדקו את תשובתכם בעזרת הנוסחה.

פתרון:

א. המתח על כל אחד מהנגדים הוא $V=120V$. נחשב את הזרמים לפי חוק אוהם:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{120}{12} = 10A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{120}{10} = 12A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{120}{40} = 3A$$

נחבר ונמצא את הזרם דרך המקור:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 = 10 + 12 + 3 = 25A$$

ב. ההתנגדות השקולה היא ההתנגדות של נגד יחיד שאפשר לחברו למקור במקום הנגדים הנתונים, כך שהזרם I_t לא ישתנה ויישאר $25A$.

$$R_t = \frac{V}{I_t} = \frac{120}{25} = 4.8\Omega$$

כעת נחשב לפי הנוסחה:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{10} + \frac{1}{40} = \frac{25}{120}$$

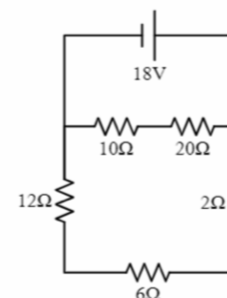
$$R_t = \frac{120}{25} = 4.8\Omega$$

התרת מעגל מורכב

אפשר להתיר מעגל חשמלי מורכב יותר באמצעות נגדים שקולים. דרך הפתרון מבוססת על איחוד נגדים והחלפתם בנגד שקול עד שמתקבל מעגל פשוט.

שאלה לדוגמה:

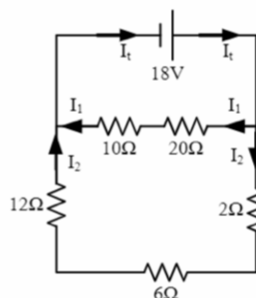
א. מצאו את ההתנגדות השקולה של הנגדים במעגל שלפניכם, וחשבו את הזרם במקור.



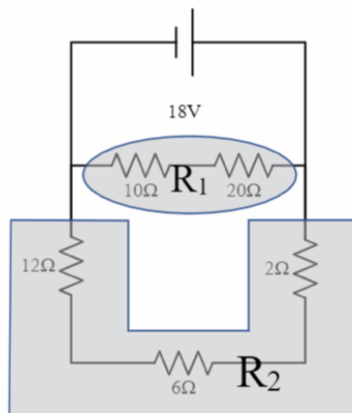
ב. חשבו את המתח על הנגד של ה-6Ω.

פתרון:

א. ראשית נוסיף לתרשים את כיווני הזרמים:



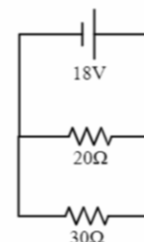
קיבלנו על פי הזרמים שני ענפים מקבילים, כשבכל ענף הנגדים מחוברים בטור. נחשב את ההתנגדות השקולה לכל ענף, לפי נוסחת ההתנגדות השקולה של נגדים בטור:



$R_1 = 10 + 20 = 30\Omega$

$R_2 = 2 + 6 + 12 = 20\Omega$

המעגל שמתקבל הוא מעגל שבו שני הנגדים מחוברים במקביל זה לזה.



ההתנגדות השקולה של המעגל היא החיבור של שני הנגדים לפי נוסחת ההתנגדות השקולה של נגדים מקבילים.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} = \frac{5}{60}$$

$$R_t = \frac{60}{5} = 12\Omega$$

נחשב את הזרם במקור:

$$I_t = \frac{V}{R_t} = \frac{18}{12} = 1.5A$$

ב. נמצא את הזרם בענף של הנגד המבוקש. המתח על הענף שווה למתח המקור - 18V, והתנגדות הענף היא 20Ω. נציב בחוק אוהם:

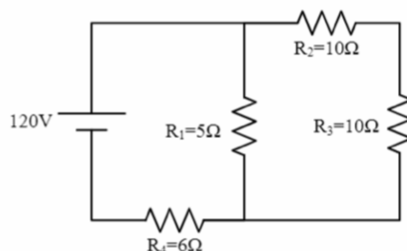
$$I = \frac{V}{R} = \frac{18}{20} = 0.9A$$

כעת ידועים לנו הזרם בנגד המבוקש והתנגדותו. נציב בחוק אוהם, ונקבל את המתח על הנגד של ה-6Ω.

$$V = IR = 0.9 \cdot 6 = 5.4V$$

שאלה לדוגמה:

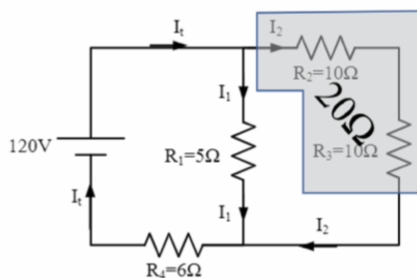
מצאו את הזרם בכל אחד מהנגדים במעגל שלפניכם.



שלב ראשון, קביעת כיווני הזרמים במעגל כדי לזהות את אופי החיבור:

אנחנו מזהים כי R_2 ו-R_3 מחוברים בטור זה לזה. נוסיף לשרטוט את הנגד השקול:

$$R_{2,3} = 10 + 10 = 20\Omega$$



נוצרו כעת שני נגדים מקבילים - R_1 ו-$R_{2,3}$ נמצא את ההתנגדות השקולה להם $R_{\parallel}$:

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = \frac{1}{4}$$

$$R_{\parallel} = 4\Omega$$

קיבלנו שני נגדים בטור. נחבר אותם, ונקבל את ההתנגדות השקולה של המעגל כולו. נחשב גם את הזרם שזורם דרך המקור:

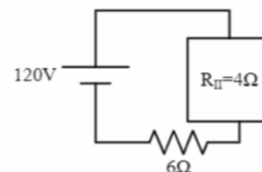
$$R_t = 4 + 6 = 10\Omega$$

$$I_t = \frac{V}{R_t} = \frac{120}{10} = 12A$$

מצאנו את הזרם במקור שהוא גם הזרם בנגד R_4. כעת עלינו למצוא את הזרמים בענפים המקבילים I_1 ו-I_2. נציג שתי דרכים:

- דרך ראשונה, לפי סכום המתחים:

המעגל הפשוט שהתקבל מורכב ממקור המתח ומשני נגדים המחוברים בטור. ראו בתרשים שלפניכם:



סכום המתחים שעל שני הנגדים שווה למתח המקור. נמצא את המתח על הנגד R_4=6Ω, ובעקבותיו את המתח בנגד - $R_{\parallel}$=4Ω:

$$V_4 = I_t \cdot R_4 = 12 \cdot 6 = 72V$$

$$120 = V_4 + V_{\parallel} = 72 + V_{\parallel}$$

$$V_{\parallel} = 48V$$

המתח שקיבלנו הוא המתח על כל אחד מהענפים המקבילים. נחשב את הזרמים I_1 ו-I_2:

$$I_1 = \frac{48}{5} = 9.6A$$

$$I_2 = \frac{48}{20} = 2.4A$$

- דרך שנייה, לפי סכום הזרמים:

סכום הזרמים בענפים המקבילים שווה לזרם במקור, לכן $I_1 + I_2 = 12A$. המתח על שני הענפים המקבילים שווה לכן $5I_1 = 20I_2$. קיבלנו מערכת של שתי משוואות בשני נעלמים. נפתור את המערכת:

$$\begin{cases} 5I_1 = 20I_2 \\ I_1 + I_2 = 12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = 4I_2 \\ I_1 + I_2 = 12 \end{cases}$$

$$4I_2 + I_2 = 12$$

$$5I_2 = 12$$

$$I_2 = 2.4A \quad , \quad I_1 = 9.6A$$

לסיכום הזרמים הם:

$$I(R_1) = 9.6A$$

$$I(R_2) = I(R_3) = 2.4A$$

$$I(R_4) = 12A$$

החשמל בבית

צורת החיבור

כל מכשירי החשמל בבית מחוברים לרשת החשמל במקביל זה לזה. צורת חיבור זו הכרחית כדי שכל מכשיר יוכל להדלק, להיכבות ולפעול באופן עצמאי ללא תלות בשאר המכשירים. אילו מכשירי החשמל בבית היו מחוברים לרשת החשמל בטור זה לזה, די היה בכיבוי של מכשיר אחד כדי ששאר המכשירים ייכבו גם הם. מכאן שכל המכשירים בבית מותאמים לאותו המתח, המתח שמספקת רשת החשמל. המתח שמספקת רשת החשמל בישראל ובאירופה הוא 220V, ובארצות הברית למשל הוא של 110V. אפשר גם להתאים מכשיר למתח רשת החשמל באמצעות שנאי. כך למשל מתאימים בעזרת שנאי, מכשיר סלולרי שפועל במתח של 5V למתח הרשת של 220V.

חשבון החשמל

חברת החשמל

חשבון דו חודשי

פירוט החיובים / הזיכויים

קריאה נוכחית	קריאה קודמת	צריכה בקוט"ש	מחיר לקוט"ש באגורות	סה"כ בש"ח
286452	285258	1194	46.19	551.51
288901	286452	2449	47.16	1154.95

בחשבון החשמל משלמים על "צריכת החשמל". זו אינה צריכה של מטען או זרם חשמלי אלא צריכה של אנרגיה. יחידת המידה שבה משתמשים בחשבון החשמל היא קוט"ש - "קילו-וואט שעה".

הגדרת יחידת האנרגיה קוט"ש: קוט"ש אחד הוא כמות האנרגיה החשמלית שצורך מכשיר בעל הספק של אחד קילו-וואט (1,000 וואט) הפועל במשך שעה. נחשב את הערך של קוט"ש בג'ולים:

$$P = 1{,}000W$$

$$t = 60 \cdot 60 = 3{,}600s$$

$$E = P \cdot t = 1{,}000 \cdot 3{,}600 = 3{,}600{,}000J$$

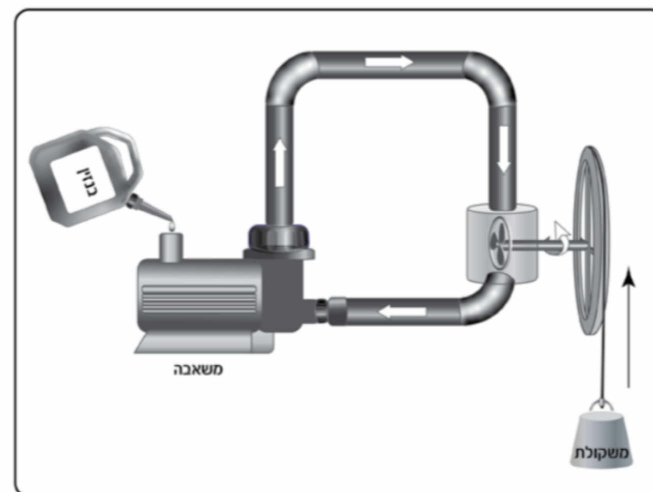
ריכוז המושגים בפרק זה:

שם	סימן	יחידת מידה	סימן יחידות המידה
מטען	Q , q	קולון	C
זרם	I	אמפר	A
זמן	t	שנייה	s
אנרגיה חשמלית	E	ג'ול	J
מתח	V	וולט	V
הספק	P	וואט	W
התנגדות	R	אוהם	Ω

שאלות – פרק 3

מושגים בסיסיים

1. בתרשים שלפניכם נראית מערכת סגורה של מים הזורמים בצינורות, משאבת מים שמונעת במנוע בנזין ובגלגל מסתובב שמרים משקולת.



כשהמשאבה פועלת המים זורמים בצינורות ומסובבים את הגלגל, והמשקולת עולה. המערכת דומה למעגל החשמלי היסודי.

א. השלימו את הטבלה שלפניכם:

רכיב במערכת	הצינור	המשאבה	הגלגל	המים
רכיב במעגל החשמלי				

ב. כשהמשקולת עולה היא רוכשת אנרגיה פוטנציאלית כובדית. מה המקור לאנרגיה זו?

____

____

ג. לפניכם היגד:

"כמות המים הנכנסת למשאבה בכל שנייה שווה לכמות המים היוצאת ממשאבה בכל שנייה".

1) איזה עיקרון פיזיקלי עומד בבסיס ההיגד? ______________________

2) נסחו את ההיגד כך שיתאים למעגל החשמלי היסודי. ______________________

3) איזה עיקרון פיזיקלי עומד בבסיס ההיגד שניסחתם? ______________________

2. דרך מוליך זורם זרם של 1.8A.

א. הסבירו את משמעות הביטוי "זרם של 1.8A".

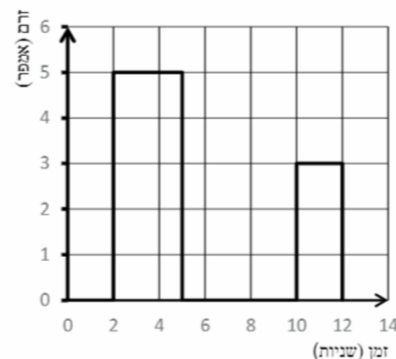
____

ב. מה כמות המטען שעברה דרך המוליך במשך חצי דקה?

____

____

3. תלמידים מחברים נגד R_1 למקור מתח של 18V. בשלב מסוים התלמידים הסקרנים מנתקים את הנגד R_1, ומחברים במקומו את הנגד R_2. בגרף שלפניכם מתואר הזרם שזרם במעגל.



א. כמה זמן נמשכה החלפת הנגדים?

ב. חשבו את ההתנגדות של כל אחד מהנגדים.

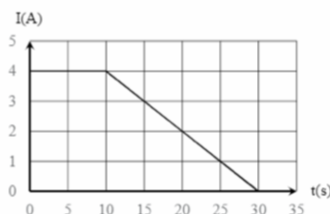
ג. מהי כמות המטען הכוללת שעברה דרך מקור המתח בפרק הזמן המתואר בגרף?

4. חברת "וחיממתם מים בששון" מוציאה מכרז לתכנון מחם. דרישות המכרז הן: נפח של 3 ליטרים, מתח הפעלה של 240V, הספק של 1,800W.

א. חשבו את הזרם שיזרום במחם.

ב. חשבו את התנגדות המחם.

5. הגרף הבא מתאר את הזרם במעגל חשמלי כפונקציה של הזמן:



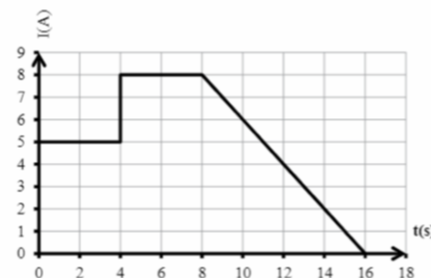
א. מצאו את כמות המטען שעברה דרך מקור המתח במשך 10 השניות הראשונות.

ב. מצאו את כמות המטען שעברה דרך המקור במשך 30 שניות.
נתון: מתח המקור הוא 4.5V.

ג. הסבירו את המשפט: "מתח המקור הוא 4.5V".

ד. כמה אנרגיה סיפק המקור במשך 30 שניות?

6. הגרף שלפניכם מתאר את הזרם העובר בסטרטר (מתנע) חשמלי של קטרפילר D8 ישן במהלך ההתנעה. מתח ההפעלה של הסטרטר הוא 18V.





א. מצאו את כמות המטען שעברה בסטרטר במהלך ההתנעה.

ב. כמה אנרגיה נדרשת להתנעת ה-D8?

7. על מייבש שיער כתוב: 1100W ; 220V.
א. הסבירו במילים את משמעות הכתוב.

ב. מה התנגדות המייבש?

8. ההספק של מייבש כביסה הוא 3,600W. נתון: תעריף החשמל הוא 55 אגורות לקוט"ש (כולל מע"מ).
א. פעולת המייבש נמשכת שעתיים ורבע. מהי העלות הכספית של הייבוש?

ב. מהי העלות הכספית של נורה בעלת הספק של 40W הדולקת 24 שעות ברציפות.

9. ההתנגדות של גוף החימום בקומקום חשמלי היא 20Ω . מחברים את הקומקום למתח של 240V.

א. חשבו את הספק הקומקום.

ב. כדי לחמם את המים בקומקום דרושה אנרגיה של 630,000 ג'אול. כמה דקות נדרשות לחימום?

ג. עם סיום החימום הקומקום מנותק מרשת החשמל. הסבירו מדוע ניתוק הקומקום אינו משפיע על שאר מכשירי החשמל בבית.

10. בחנות לאביזרי רכב מוכרים קומקום חשמלי המתחבר למצת הרכב. על המכשיר כתוב:
12V ; 60W.

א. מצאו את זרם ההפעלה של הקומקום.

ב. מה התנגדות הקומקום?

ג. כמה חום נוצר בקומקום במשך 5 דקות?

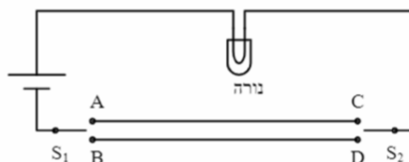
11. פנס פועל בעזרת סוללה של 4.5V, וההספק שלו הוא 2.7W.

א. חשבו את הזרם הזורם בפנס.

ב. מצאו את התנגדות הפנס.

ג. היצרן טוען שהפנס יכול להאיר ברציפות במשך שעתיים, כמה אנרגיה הסוללה מספקת בפרק זמן זה?

12. בתרשים מתואר מעגל חשמלי ביתי הכולל נורה, שני מפסקים ומקור מתח. המפסק S_1 הוא דו כיווני, ויכול להתחבר להדק A או להדק B, כך שאפשר בלחיצה להחליף את החיבור מ-A ל-B וההפך. גם המפסק S_2 הוא דו כיווני, ויכול להתחבר להדק C או להדק D.



לאיזה צורך יכול לשמש מעגל זה?

חיבור טורי וחיבור מקבילי

13. נתונים שמונה נגדים זהים שהתנגדות כל אחד מהם היא 20Ω.

א. מה ההתנגדות השקולה שלהם כאשר הם מחוברים בטור זה לזה?

ב. מה ההתנגדות השקולה שלהם כאשר הם מחוברים במקביל זה לזה?

14. שני נגדים $R_1 = 6\Omega$ ו- $R_2 = 12\Omega$ מחוברים בטור למקור מתח של $90V$.

א. שרטטו את המעגל.

ב. מצאו את הזרם בנגד R_1 ואת המתח עליו.

מחברים את שני הנגדים במקביל למקור המתח.

ג. שרטטו את המעגל.

ד. מצאו את הזרם בנגד R_1 ואת המתח עליו.

15. נתונים שלושה נגדים 18Ω , 6Ω , 3Ω ומקור מתח של $9V$.

א. מחברים את הנגדים בטור למקור המתח.

1) שרטטו את המעגל.

2) מצאו את הזרם הזורם בכל אחד מהנגדים.

3) מהו המתח על כל אחד מהנגדים?

ב. מחברים את הנגדים במקביל למקור המתח.

1) שרטטו את המעגל.

2) מצאו את הזרם הזורם בכל אחד מהנגדים.

3) מהי ההתנגדות השקולה של שלושת הנגדים?

16. תנור חימום בנוי משני גופי חימום: אחד של 2,000W ואחד של 1,000W. התנור פועל במתח של 220V.

א. לאיזה משני הגופים התנגדות גדולה יותר?

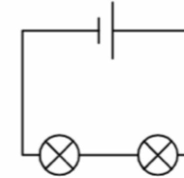
ב. לתנור יש גם מצב שלישי שבו שני גופי החימום פועלים יחד בהספק הנתון. כיצד הם מחוברים? בטור או במקביל?

17. שתי נורות מחוברות למקור מתח. על נורה A כתוב 48W , 24V ועל נורה B כתוב 24V , 18W. שתי הנורות פועלות בהתאם לכתוב עליהן.

א. חשבו את הזרם בכל אחת מהנורות.

ב. כמה אנרגיה שתי הנורות צורכות יחד, אם שתיהן דולקות שעה?

ג. לפניכם שני תרשימים:


תרשים 1


תרשים 2

1) הסבירו מדוע הנורות אינן מחוברות כמתואר בתרשים 1.

____

____

2) הסבירו מדוע תרשים 2 יכול לתאר את דרך החיבור.

____

____

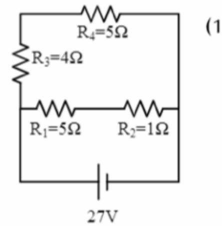
18. לפניכם ארבעה מעגלים חשמליים.

א. חשבו בכל מעגל חשמלי את ההתנגדות השקולה של הנגדים במעגל.

ב. חשבו בכל מעגל חשמלי את הזרם הזורם במקור המתח.

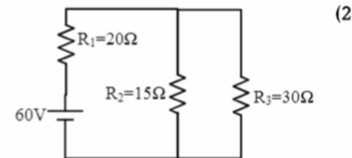
ג. חשבו בכל מעגל חשמלי את הזרם הזורם דרך כל אחד מהנגדים.

1)

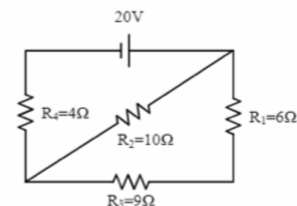


----

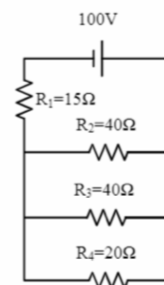
2)



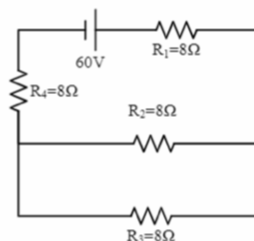
3)



4)



19. נתון המעגל שלפניכם:



א. חשבו את ההתנגדות השקולה של הנגדים במעגל.

____

____

____

____

____

____

____

____

ב. חשבו את הזרם הזורם במקור המתח.

מחליפים את מקור המתח למקור מתח בעל מתח גדול יותר.

____

____

ג. האם יחול שינוי בהתנגדות השקולה של הנגדים במעגל?

____

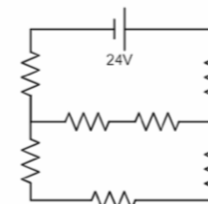
____

ד. האם יחול שינוי בזרם הזורם במקור המתח?

____

____

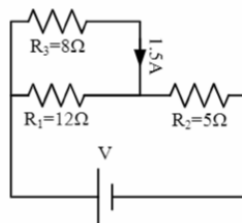
20. במעגל שלפניכם התנגדות כל אחד מהנגדים היא 10Ω.



א. מצאו את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. חשבו את הספק מקור המתח.

21. נתון המעגל הבא: הזרם בנגד R_3 הוא 1.5A.



א. חשבו את המתח על הנגד R_1.

ב. מצאו את הזרם הזורם בכל אחד משני הנגדים האחרים.

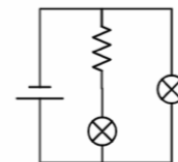
ג. מצאו את מתח המקור.

22. נתונות שתי נורות, האחת של 60W , 24V והאחרת של 10W , 4V.

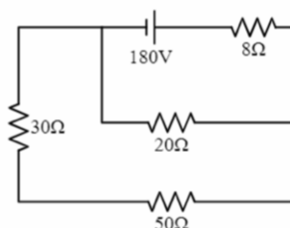
א. האם שתי הנורות יכולות לפעול בהתאם לכתוב עליהן כשהן מחוברות בטור? נמקו.

ב. האם שתי הנורות יכולות לפעול בהתאם לכתוב עליהן כשהן מחוברות במקביל? נמקו.

ג. חיברו לאחת מהנורות נגד בטור אליה ואת הנורה השנייה במקביל אליהם (ראו בתרשים), כך ששתי הנורות עובדות בהתאם לכתוב עליהן. מצאו את התנגדות הנגד ואת מתח המקור.



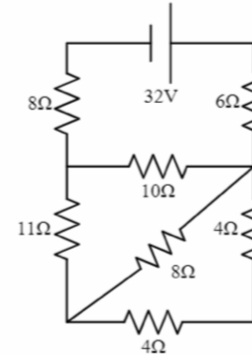
23. נתון המעגל שלפניכם:



א. מצאו את הזרם הזורם במקור המתח.

ב. מצאו את המתח על הנגד של ה-50Ω.

24. נתון המעגל הבא:



א. מצאו את ההתנגדות השקולה.

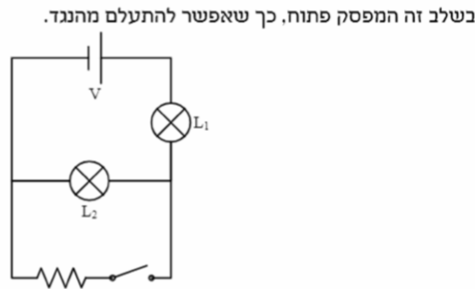
ב. חשבו את הזרם הזורם במקור המתח.

ג. מהו המתח על הנגד של 11Ω?

שאלות –פרק 3
פיזיקה לכיתה ט׳ – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

25. לפניכם מעגל שבו שתי נורות המחוברות בטור למקור מתח. נתוני כל אחת מהנורות הם: 12V ; 30W.

בשלב זה המפסק פתוח, כך שאפשר להתעלם מהנגד.



א. חשבו את הזרם האמור לזרום בנורות על פי נתוני הנורות.

ב. מצאו את מתח המקור.

ג. סוגרים את המפסק. הניחו שאף נורה אינה נשרפת:

1) האם עוצמת האור של L_1 תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי?

2) האם עוצמת האור של L_2 תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי?

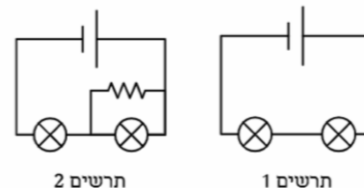
26. לרשותכם מקור מתח ושלוש נורות הנתונות בטבלה שלהלן:

מספר	מתח (V)	הספק (W)	זרם (A)	התנגדות (Ω)
1	30	15		
2	60	30		
3	90	180		

א. העתיקו את הטבלה והשלימו אותה.

ב. שרטטו מעגל חשמלי הכולל את שלוש הנורות ואת מקור המתח, כך שכל הנורות פועלות בהתאם לנתונים שבטבלה.

27. במעגל שבתרשים 1 מחוברות שתי נורות A ו-B למקור מתח. על נורה A כתוב 80W , 20V ועל נורה B כתוב 72W , 12V . אחת הנורות פועלת בהתאם לכתוב עליה, והנורה האחרת פועלת בהספק נמוך מהכתוב עליה.



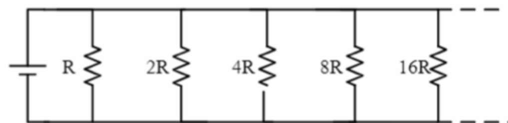
תרשים 2 תרשים 1

א. חשבו את ההתנגדות של כל אחת מהנורות.

ב. מצאו את הזרם במעגל.

ג. מוסיפים נגד למעגל כמתואר בתרשים 2. מצאו מה צריכה להיות התנגדות הנגד כדי ששתי הנורות יפעלו בהתאם לרשום עליהן.

28. א. מהי ההתנגדות השקולה של אינסוף הנגדים במעגל שלפניכם (הביעו תשובתכם באמצעות R)?



ב. כאשר הזרם בנגד הקרוב למקור הוא 6A, מהו הזרם דרך מקור המתח?

תשובות – פרק 3

1. א.

רכיב במערכת	הצינור	המשאבה	הגלגל	המים
רכיב במעגל החשמלי	תיל מוליך	מקור המתח	צרכן	המטענים החופשיים

ב. המקור הוא האנרגיה הכימית האגורה בבנזין שבמשאבה.

ג. 1) חוק שימור החומר.

2) "הזרם הנכנס למקור המתח שווה לזרם היוצא מהמקור".

3) חוק שימור המטען החשמלי.

2. א. דרך המוליך עוברת כמות המטען של 1.8 קולון בכל שנייה.

ב. 54C.

3. א. 5s.

ב. $R_1 = 3.6\Omega$, $R_2 = 6\Omega$

ג. 21C.

4. א. 7.5A.

ב. 32Ω.

5. א. 40C.

ב. 80C.

ג. מקור המתח מספק אנרגיה של 4.5J לכל קולון העובר דרכו.

ד. 360J.

6. א. 84C.

ב. 1,512J.

7. א. המתח הדרוש לפעולה תקינה של המייבש הוא 220V, וכאשר הוא מחובר למתח זה ההספק שלו הוא 1100W.

ב. 44Ω.

8. א. 4.455 שקלים.

ב. 53 אגורות.

9. א. 2,880W.

ב. 218.75 שניות שהן כ-3 דקות ו-39 שניות.

ג. מכשירי החשמל בבית מחוברים במקביל.

10. א. 5A.

ב. 2.4Ω.

ג. 18,000J.

11. א. 0.6A.

ב. 7.5Ω.

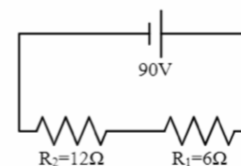
ג. 19,440J.

12. כל שינוי באחד המפסקים מעביר את המעגל מסגור לפתוח וההפך, לכן המעגל מאפשר להדליק ולכבות את אותה הנורה משני מקומות שונים בבית. למשל, נורה בכניסה לבית שאפשר להדליק ולכבות אותה במפסק אחד מחוץ לבית ובמפסק אחד בתוך הבית.

13. א. 160Ω.

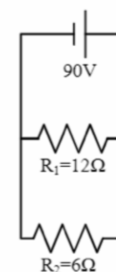
ב. 2.5Ω.

14. א.



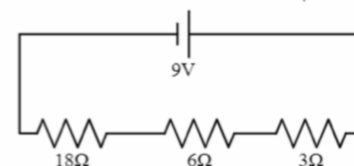
ב. V_1=30V, I_1=5A

ג.



ד. V_1=90V, I_1=15A

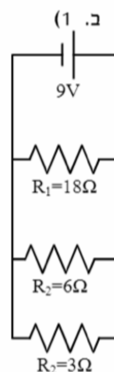
15. א. 1)



2) $I_1 = I_2 = I_3$ = 0.33A

3) 1V, 2V, 6V.

ב. 1)



2) 0.5A, 1.5A, 3A.

3) 1.8Ω.

16. א. לגוף החימום של ה-1,000W.

ב. במקביל.

17. א. I_B=0.75A, I_A=2A .

ב. 237,600J.

ג. 1) הנורות אינן מחוברות כמתואר בתרשים 1 כי הזרמים בהן אינם שווים.

2) תרשים 2 יכול לתאר את דרך החיבור כי המתח על שתי הנורות שווה.

18. מעגל (1):

א. 3.6Ω.

ב. 7.5A.

ג. $I_1 = I_2$ = 4.5A , $I_3 = I_4$ = 3A

מעגל (2):

א. 30Ω.

ב. 2A.

ג. $I_1 = 2A$, $I_2 = 1.33A$, $I_3 = 0.667A$

מעגל (3):

א. 10Ω.

ב. 2A.

ג. $I_1 = I_3 = 0.8A$, $I_2 = 1.2A$, $I_4 = 2A$

מעגל (4):

א. 25Ω.

ב. 4A.

ג. $I_1 = 4A$, $I_2 = I_3 = 1A$, $I_4 = 2A$

19. א. 20Ω.

ב. 3A.

ג. לא יחול שינוי.

ד. כן יחול שינוי.

20. א. 32Ω.

ב. 18W.

21. א. 12V.

ב. $I_1 = 1A$, $I_2 = 2.5A$

ג. 24.5V.

22. א. כן, כי כאשר הן פועלות בהתאם לכתוב עליהן, הזרם בהן שווה.

ב. לא, כי כאשר הן פועלות בהתאם לכתוב עליהן, המתח עליהן שונה.

ג. $V=24V$, $R=8\Omega$.

23. א. 7.5A.

ב. 75V.

24. א. 20Ω.

ב. 1.6A.

ג. 7.04V.

25. א. 2.5A.

ב. 24V.

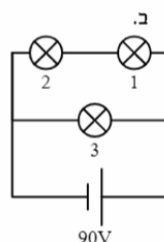
ג. 1) עוצמת האור תגדל.

2) עוצמת האור תקטן (רמז: סכום המתחים שעל שתי הנורות שווה למתח המקור).

26. א.

מספר	מתח (V)	הספק (W)	זרם (A)	התנגדות (Ω)
1	30	15	0.5	60
2	60	30	0.5	120
3	90	180	2	45

ב.



27. א. $RA=5\Omega$, $RB=2\Omega$.
ב. $4A$.
ג. 10Ω.

28. א. $\frac{R}{2}$
ב. $12A$.

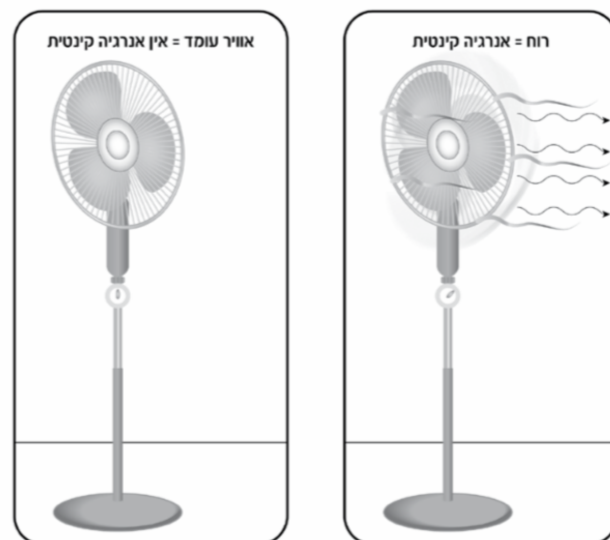
פרק 4 – חום וטמפרטורה

הפרק של חום וטמפרטורה הוא פרק מרכזי במדע, ונכלל בתוכנית הלימודים בפיזיקה בחטיבת הביניים. אבל פרק זה אינו חלק מתוכנית הלימודים בפיזיקה בחטיבה העליונה, ואינו נכלל בבחינת הבגרות בפיזיקה חמש יחידות...

חום

חום הוא צורה של אנרגיה העוברת מגוף בעל טמפרטורה מסוימת לגוף בעל טמפרטורה נמוכה יותר. נסביר מהו חום באמצעות הדוגמה שלהלן:

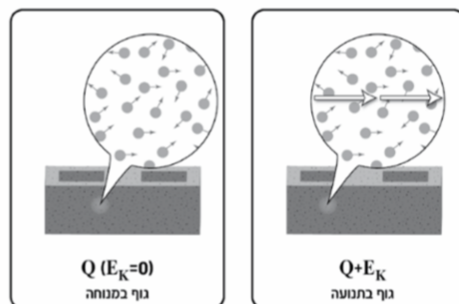
מאוורר יוצר רוח - תנועה של האוויר בחדר. כאשר המאוורר אינו פועל הרוח נפסקת, האוויר עומד, והאנרגיה הקינטית מתאפסת.



האם האוויר אכן עומד?

אנחנו יודעים שהאוויר בחדר הוא גז שמורכב ממספר עצום של חלקיקים (מולקולות) הנעים לכל הכיוונים במהירות גבוהה (מאות מטרים בשנייה), גם כאשר האוויר בכללותו "עומד". מכאן שלמולקולות האוויר יש אנרגיה קינטית, אולם אנרגיה זו אינה באה לידי ביטוי באנרגיה הקינטית של הרוח שכאמור מתאפסת כשהאוויר עומד. סך כל האנרגיה הקינטית של המולקולות הנובעת מהתנועה האקראית נחשבת כ"אנרגיה קינטית פנימית", והיא למעשה החום.

האמור לעיל נכון גם למוצקים ולנוזלים, אלא שנוסף לאנרגיה הקינטית יש למולקולות גם אנרגיה פוטנציאלית פנימית הנובעת מהקשרים בין המולקולות.



חום מסומן באות Q.

יחידות המידה של חום

היות וחום הוא צורה של אנרגיה, יחידת המידה הסטנדרטית של חום היא ג'ול - J.

יחידה נפוצה נוספת היא הקלוריה, ראו בהמשך.

טמפרטורה

הטמפרטורה היא מושג שמייצג את תנועת המולקולות. ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר, כך המולקולות נעות מהר יותר. ליתר דיוק, הטמפרטורה משמשת מדד לאנרגיה הקינטית הממוצעת של המולקולות כפי שנראה בהמשך הפרק.

הטמפרטורה מסומנת באות T.

האפס המוחלט

טמפרטורה נמוכה יותר משמעותה תנועה איטית יותר של המולקולות. כשתנועת המולקולות נפסקת לחלוטין (מצב שאינו קיים במציאות), הטמפרטורה מגיעה לערכה המינימלי האפשרי - האפס המוחלט.

ערכו של האפס המוחלט במעלות צלזיוס הוא $-273^{0}C$ בקירוב.

יחידות המידה של טמפרטורה

- **מעלות צלזיוס ^{0}C**

סולם המעלות של צלזיוס נקבע לפי מצבי הצבירה של מים. טמפרטורת ההיתוך או הקיפאון של המים נקבעה כ-$0^{0}C$, וטמפרטורת הרתיחה של המים בגובה פני הים, נקבעה כ-$100^{0}C$.

- **מעלות קלווין ^{0}K**

סולם המעלות של קלווין הוא התאמה של סולם המעלות של צלזיוס לאפס המוחלט. המרווחים הם אותם המרווחים, אבל נקודת ההתחלה, כלומר$0^{0}K$, נקבעה באפס המוחלט. להלן נוסחאות המרה בין מעלות קלווין למעלות צלזיוס וההפך:

$$^{0}K = {^{0}C} + 273$$

$$^{0}C = {^{0}K} - 273$$

- **מעלות פרנהייט ^{0}F**

סולם המעלות של פרנהייט נמצא בשימוש בעיקר בארצות הברית. טמפרטורת ההיתוך או הקיפאון של המים נקבעה כ-$32^{0}F$, וטמפרטורת הרתיחה של המים נקבעה כ-$212^{0}F$, כך שטמפרטורת הגוף של האדם תהיה כ-$100^{0}F$.

להלן נוסחאות המרה בין מעלות פרנהייט למעלות צלזיוס וההפך:

$$^{0}C = ({^{0}F} - 32)\cdot\frac{5}{9}$$

$$^{0}F = \frac{9}{5}\,{^{0}C} + 32$$

סולמות הטמפרטורה

$-273^{0}C$	$0^{0}C$	$100^{0}C$
$0^{0}K$	$273^{0}K$	$373^{0}K$
$-460^{0}F$	$32^{0}F$	$212^{0}F$
האפס המוחלט	טמפרטורת הקיפאון של מים	טמפרטורת הרתיחה של מים

הבחנה בין חום לטמפרטורה

הטמפרטורה היא מושג שמאפיין את האנרגיה הקינטית של מולקולה אחת בממוצע, בעוד שהחום מייצג את סך כל האנרגיה הקינטית של כל חלקיקי החומר. מכאן שהטמפרטורה אינה תלויה בכמות החומר, אבל כמות החום שאגורה בגוף תלויה גם בכמות החומר ובעוד גורמים.

כאשר שוברים גוף לשני חלקים הטמפרטורה של כל חלק שווה לטמפרטורה שהייתה לגוף השלם.



$$T_1 = T_2$$

$$Q_1 < Q_2$$



שני הסירים חוממו לאותה הטמפרטורה, אבל הסיר המלא אוגר כמות חום גדולה יותר והחימום נמשך זמן רב יותר.

בשפה היומיומית משתמשים במקרים רבים במושג החום במקום במושג הטמפרטורה, אפילו המכשיר למדידת טמפרטורה לא נקרא "מד טמפרטורה" כי אם "מדחום".



דוגמאות נוספות:





חיכוך

חיכוך הוא תהליך שבו אנרגיה מכנית מומרת לחום. על פי חוק שימור האנרגיה, כמות החום הנוצרת במערכת מבודדת שווה לשינוי שחל באנרגיה המכנית.


שפשפו ידיכם זו בזו, והרגישו כיצד האנרגיה המכנית הופכת לחום

חום סגולי

כמות החום הנדרשת לחימום גוף מתייחסת ביחס ישר למסת הגוף ולהפרש הטמפרטורות. כמות החום תלויה גם בסוג החומר. הגודל הפיזיקלי שמאפיין את החומר שממנו עשוי הגוף נקרא חום סגולי.

הגדרה:

חום סגולי של חומר הוא כמות החום הנדרשת כדי להעלות את הטמפרטורה של קילוגרם אחד של החומר במעלת צלזיוס אחת.

הנוסחה הנובעת מההגדרה היא:

$$Q = mc\Delta T$$

כאשר:

Q - כמות החום בג'ול (J)

m - מסת הגוף בקילוגרם (Kg).

$\Delta T = T_2 - T_1$ - הפרש הטמפרטורות (הטמפרטורה בסוף פחות הטמפרטורה בהתחלה) במעלות צלזיוס (^0C).

c - החום הסגולי ב- $\frac{J}{Kg\cdot {}^0C}$.

כמות החום - Q בתהליך של חימום היא חיובית כי $T_2 > T_1$, אבל בתהליך של קירור מתקבל Q שלילי.

המשמעות של סימן **המינוס** היא שבתהליך של קירור, הגוף **פולט** חום לסביבה.

הקלוריה

הקלוריה היא יחידת מידה לכמות החום ולאנרגיה בכלל המבוססת על החום הסגולי של המים:

$$c = 4{,}200\frac{J}{Kg\cdot {}^0C}$$

הגדרה:

קלוריה אחת היא האנרגיה הדרושה כדי לחמם גרם אחד של מים במעלת צלזיוס אחת (ליתר דיוק מ-4^0C ל-5^0C).

נזכור שגרם אחד הוא אלפית הקילוגרם, נציב בנוסחה ונקבל:

$$1cal = mc\Delta T = 0.001\cdot 4200\cdot 1 = 4.2J$$

ה"קלוריות" שנהוג להשתמש בהן בתחום התזונה הן למעשה קילו-קלוריות (אלפי קלוריות). הערך של קילו-קלוריה אחת הוא כ-4,200 ג'ול.

הרחבה: אפשרויות התנועה (דרגות החופש) של מולקולות

החום הסגולי של חומר מושפע בעיקר מחופש התנועה של המולקולות.

ככל שמספר אפשרויות התנועה של המולקולה גדול יותר, כך החום הסגולי גדול יותר.

ראו בדוגמה שלפניכם:



שאלה לדוגמה:

צורף מחמם תכשיט זהב שמסתו 20 גרם מטמפרטורה 30^0C לטמפרטורה של 400^0C, ומשליך אותו לכוס חרס שבה 120 גרם מים בטמפרטורה של 20^0C . הניחו שהמערכת מבודדת, כלומר: איבוד החום לסביבה זניח.

א. כמה חום רכש התכשיט במהלך החימום?

ב. מה תהיה הטמפרטורה המשותפת של המים והתכשיט לאחר שהטמפרטורה התאזנה?

פתרון:

א. נמצא בטבלה את החום הסגולי של הזהב.

נתון:

$$m = 20gr = 0.02Kg$$
$$c = 135\frac{J}{Kg\cdot {}^{0}C}$$
$$\Delta T = 400 - 30 = 370^{0}C$$

נציב ונמצא את כמות החום:

$$Q = mc\Delta T = 0.02\cdot 135\cdot 370 = 999J$$

ב. נסמן ב-T את הטמפרטורה המשותפת.

נתוני הזהב:

$$m = 20gr = 0.02Kg$$
$$c = 135\frac{J}{Kg\cdot {}^{0}C}$$
$$\Delta T = T - 400$$

$$Q_G = 0.02\cdot 135\,(T - 400) = 2.7\cdot (T - 400)$$

נתוני המים:

$$m = 120gr = 0.12Kg$$
$$c = 4{,}200\frac{J}{Kg\cdot {}^{0}C}$$
$$\Delta T = T - 20$$

$$Q_W = 0.12\cdot 4{,}200\,(T - 20) = 504\cdot (T - 20)$$

כמות החום הכוללת שקלטה המערכת (כמויות החום שקלטו המים והזהב יחד) היא 0, כי המערכת מבודדת. נציב ונקבל את הטמפרטורה המשותפת:

$$Q_G + Q_W = 0$$
$$504\cdot (T - 20) + 2.7\,(T - 400) = 0$$
$$504T - 10{,}080 + 2.7T - 1{,}080 = 0$$
$$506.7T = 11{,}160$$
$$T = 22^{0}C$$

חום כמוס



נכיר את המושג חום כמוס בעזרת התופעה שלהלן:
סיר המכיל תערובת של מים וקרח בטמפרטורה של $0^{0}C$ מחומם בלהבה. על אף החום שקולטים המים והקרח, הטמפרטורה של התערובת אינה משתנה, ולאחר ערבוב קצר היא חוזרת ל-$0^{0}C$. במקום שהחום הנקלט יגרום שינוי בטמפרטורה, החום גורם תהליך של **היתוך** שבו הקרח ניתך והופך למים. החום שנדרש כדי להתיך את הקרח, כלומר לשנות את מצב הצבירה ממוצק לנוזל אגור כעת במים הנוזלים ונקרא חום היתוך.

אם המים יקפאו שנית, חום ההיתוך ייפלט לסביבה. תהליך דומה מתרחש במעבר ממצב צבירה נוזלי למצב צבירה גזי: כדי לאדות חומר נדרשת כמות חום רבה שנקראת חום אידוי או חום רתיחה. כאשר הגז מתעבה, כלומר עובר ממצב צבירה גזי למצב צבירה נוזלי, חום האידוי נפלט לסביבה.

נדגיש:

- הטמפרטורה של מוצק אינה יכולה לעלות מעל לטמפרטורת ההיתוך.
- הטמפרטורה של נוזל אינה יכולה לעלות מעל לטמפרטורת הרתיחה, ואינה יכולה לרדת מתחת לטמפרטורת ההיתוך.

הערה: בשפה היומיומית מקובל לומר שהקרח "נמס", אבל המסה היא תהליך שונה בתכלית, כמו של מלח הנמס במים.

הגדרה:

חום היתוך של חומר: כמות החום הדרושה כדי להתיך קילוגרם אחד של החומר.

הגדרה:

חום אידוי של חומר: כמות החום הדרושה כדי לאדות קילוגרם אחד של החומר.

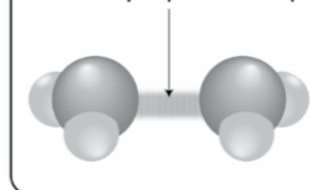
חום כמוס הוא שם כולל לחום ההיתוך ולחום האידוי.

חום כמוס מסומן ב-L (Latent) ונמדד ביחידות של ג'ול לקילוגרם - $\frac{J}{Kg}$. בפרט מקובל לסמן את חום ההיתוך ואת חום האידוי ב- L_f וב-L_v בהתאמה.

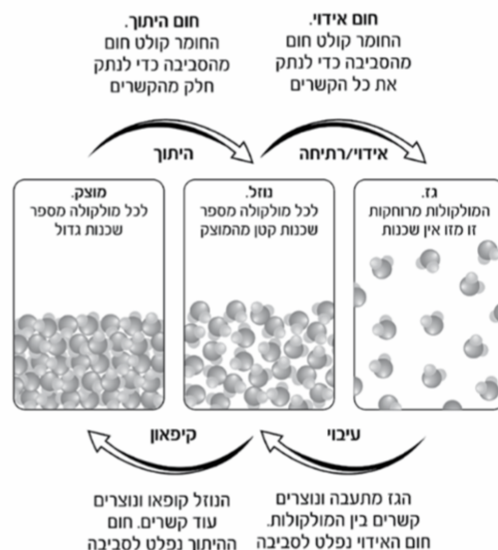
כדי לחשב את כמות החום הדרוש להיתוך או לאידוי יש להכפיל את המסה בחום הכמוס המתאים:

$$Q_f = mL_f \,,\, Q_v = mL_v$$

מקורו של החום הכמוס באינטראקציה חשמלית של משיכה הדדית בין המולקולות. אינטראקציה זו נוצרת רק כאשר המולקולות צמודות זו לזו - מולקולות שכנות. ניתוק הקשר צורך אנרגיה, והאנרגיה הכוללת של כל הקשרים שמנותקים היא החום הכמוס. חיבור מחדש של זוג מולקולות יגרום פליטה של החום הכמוס. ראו בתרשימים שלפניכם.



פרק 4
פיזיקה לכיתה ט' – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה



שאלה לדוגמה:

נתון גוש קרח שמסתו 0.25Kg בטמפרטורה של $-82^{0}C$. באיזה תהליך מההתהליכים שלפניכם נדרשת יותר אנרגיה? היעזרו בטבלאות שבסוף הפרק.

- חימום הקרח ל-$0^{0}C$.
- היתוך הקרח למים.
- חימום המים ל-$50^{0}C$.

פתרון:

- חימום הקרח.

נתון:

$$m = 0.25Kg$$

$$c = 2{,}350\frac{J}{Kg \cdot {}^{0}C}$$

$$\Delta T = 0 - (-82) = 82^{0}C$$

נציב בנוסחה המתאימה:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 0.25 \cdot 2350 \cdot 82 = 48{,}175J$$

- היתוך הקרח.

נתון:

$$m = 0.25Kg$$

$$Lf = 330{,}000\ \frac{J}{Kg}$$

נציב בנוסחה המתאימה:

$$Q = mLf$$

$$Q = 0.25 \cdot 330{,}000 = 82{,}500J$$

- חימום המים.

נתון:

$$m = 0.25Kg$$

$$c = 4{,}200\frac{J}{Kg \cdot {}^{0}C}$$

$$\Delta T = 50 - 0 = 50^{0}C$$

נציב בנוסחה המתאימה:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 0.25 \cdot 4{,}200 \cdot 50 = 52{,}500J$$

היתוך הקרח דורש את האנרגיה הרבה ביותר.

פרק 4
פיזיקה לכיתה ט' – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

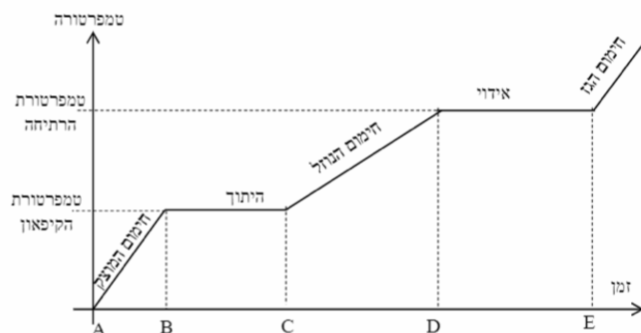


הזעה היא מנגנון שתפקידו לקרר את הגוף בשעת הצורך. הזעה שהיא בעיקר מים על פני העור, מתאדה, תהליך הלוקח חום מהסביבה, כלומר מהגוף, והטמפרטורה של הגוף יורדת.

כאשר הלחות גבוהה, קצב האידוי של ההזעה איטי ועומס החום כבד יותר.

גרף של הטמפרטורה בתהליך החימום של חומר

הגרף שלפניכם מתאר באופן איכותי את השלבים בחימום של חומר בתוך כלי סגור ומבודד, ממצב מוצק עד למצב של גז:



הסבר:

עם תחילת החימום טמפרטורת המוצק עולה עד לרגע B, שבו הוא מגיע לטמפרטורת הקיפאון. לאחר שהמוצק מגיע לטמפרטורת הקיפאון, הטמפרטורה אינה יכולה לעלות יותר עד לרגע C, שבו החומר ניתך בשלמותו. בפרק הזמן CD החומר במצב נוזלי, והטמפרטורה שלו עולה בהדרגה עד לרגע D, שבו הנוזל מגיע לטמפרטורת הרתיחה. לאחר שהנוזל מגיע לטמפרטורת הרתיחה מתחיל שלב האידוי בפרק הזמן DE. הטמפרטורה אינה יכולה לעלות יותר עד לרגע E, שבו החומר התאדה בשלמותו.

פיזיקה לכיתה ט׳ – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

טבלאות נתונים של מספר חומרים

החום הסגולי של חומרים שונים

החומר (תרכובות)	חום סגולי $\frac{J}{Kg\cdot{}^{0}C}$	החומר (יסודות)	חום סגולי $\frac{J}{Kg\cdot{}^{0}C}$
מים במצב נוזלי	4,200	ברזל	470
מים במצב מוצק (קרח)	2,350	זהב	135
מים במצב גזי	2,000	כסף	235
בטון	900	אלומיניום	910
שמן מאכל	1,700	עופרת	140
שמן מכונות	2,000	כספית	140
כוהל	2,450	נחושת	400
חול	840	בדיל	230
זכוכית	840	פלטינה	130
נפט	2,130	אורניום	120
פלסטיק	1,200	גופרית	710
עץ	2,200	טיטניום	520

חום כמוס של מספר חומרים וטמפרטורות ההיתוך והרתיחה שלהם				
החומר	טמפרטורת היתוך (^{o}C)	חום היתוך ($\frac{J}{Kg}$)	טמפרטורת רתיחה (^{o}C)	חום רתיחה / אידוי ($\frac{J}{Kg}$)
מים	0	330,000	100	2,250,000
כוהל	-114	105,000	78	850,000
ברזל	1808	289,000	3023	6,090,000
זהב	1,060	65,000	2,660	1,580,000
כסף	962	88,000	2,160	2,390,000
חמצן	-219	14,000	-183	210,000
חנקן	-210	26,000	-196	200,000

שאלות – פרק 4

בשאלות בפרק זה הניחו שהמערכת מבודדת ולא מתרחש מעבר חום בין המערכת לסביבה, אלא אם כן נאמר אחרת.

1. דרגו את הטמפרטורות הנתונות בסדר עולה: $-18^{o}C$, $252^{o}K$, $0^{o}F$.

2. א. האם קיימת טמפרטורה שבה הערכים של סולם צלזיוס וסולם פרנהייט מתלכדים?

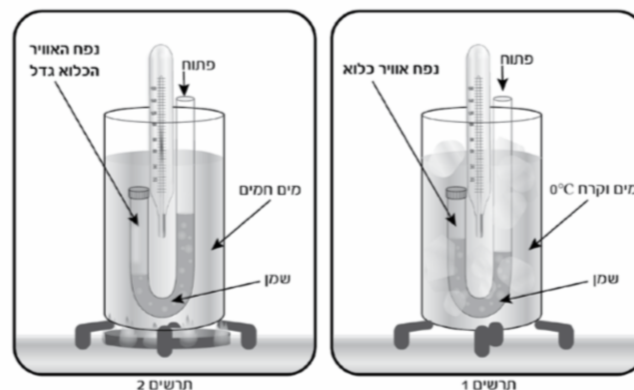
   ב. האם קיימת טמפרטורה שבה הערכים של סולם צלזיוס וסולם קלווין מתלכדים?

3. לפניכם תיאור של ניסוי ותוצאותיו. קראו בעיון את תיאור הניסוי, וענו על השאלות שאחריו.

<u>ניתוח ממצאי ניסוי חקר למציאת האפס המוחלט</u>

מערכת הניסוי:

בתרשים שלפניכם מתוארת מערכת הניסוי שבה כלואה כמות קבועה של אוויר בצד אחד של צינורית שצורתה U. תחתית הצינורית מכילה שמן, והצד האחר פתוח לאטמוספרה, כך שלחץ האוויר הכלוא אינו משתנה במהלך הניסוי. הצינורית בשלמותה נמצאת בתוך מבחנה רחבה. על גבי הצינורית משורטטות שנתות המייצגות את הנפח של גוף האוויר הכלוא. הטמפרטורה נמדדת באמצעות תרמומטר.

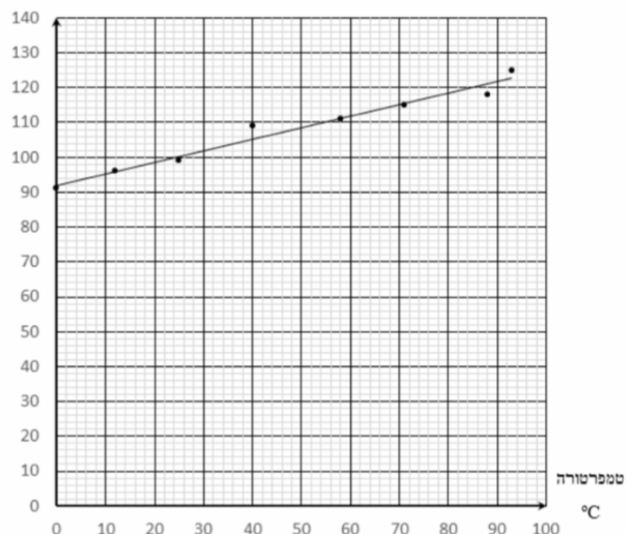


תרשים 1 · תרשים 2

מהלך הניסוי:

- ✓ ממלאים את המבחנה במים ובקרח וממתינים כדקה. המדחום אמור להראות 0^0C.
- ✓ מחממים במידת מה את המים, ממתינים זמן מה עד שהטמפרטורה של המערכת מתאזנת, ומודדים את הטמפרטורה ואת הנפח.
- ✓ ממשיכים לחמם, להמתין ולמדוד את הטמפרטורה ואת הנפח עד שהמים מגיעים ל-90^0C בקרוב.

הגרף שלפניכם מסכם את תוצאות הניסוי:



שאלות:

א. אילו מהגדלים שלפניכם השתנו במהלך הניסוי ואילו נשארו קבועים?

1) כמות האוויר הכלוא

☐ השתנתה ☐ נשארה קבועה.

2) נפח האוויר הכלוא

☐ השתנה ☐ נשאר קבוע.

3) טמפרטורת האוויר הכלוא

☐ השתנתה ☐ נשארה קבועה.

4) לחץ האוויר הכלוא

☐ השתנה ☐ נשאר קבוע.

> תזכורת
>
> הנחיות למציאת משוואת ישר:
>
> - **בכל שלבי החישוב התעלמו מהנקודות הבודדות והתייחסו רק לקו הישר!**
> - בחרו בשתי נקודות הנמצאות על הקו הישר.
> - כתבו את שיעורי הנקודות $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ וחשבו את השיפוע - $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.
> - מצאו "לפי העין" את b, נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי.
> - כתבו את משוואת הישר: $y = mx + b$.

ב. חשבו את שיפוע הגרף וציינו את היחידות.

____

____

____

____

ג. מצאו את משוואת הישר.

____

____

____

____

ד. חשבו על פי משוואת הישר שמצאתם את האפס המוחלט. הסבירו את דרך הפתרון.

____

____

____

____

____

____

חום סגולי

4. המושג "**חום סגולי**". מצאו במילון את פירוש המילה **סגולה**. מדוע לדעתכם המושג נקרא חום סגולי?

____

____

____

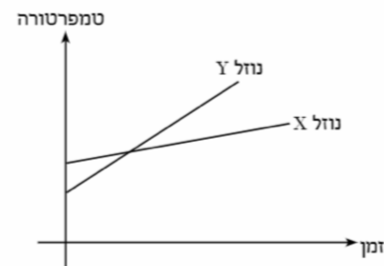
5. מלאו את התאים הריקים בטבלה שלפניכם.

החומר	**מסה** (Kg)	**חום סגולי** ($\frac{J}{Kg \cdot {}^oC}$)	**טמפרטורה התחלתית** °C	**טמפרטורה סופית** °C	**כמות החום** (J)
כוהל	0.02		20	32	
כוהל	0.02		20		1,470
שמן מנוע	5		200	30	
חול	2			1	8,400
פלטינה			5	125	780
חומר X	0.5		-22	-42	-1,610
תערובת של 80 גרם מים עם 45 גרם כוהל			0	10	

6. מחממים מסה שווה של נוזל X ונוזל Y בשני מתקני חימום זהים. הגרף שלפניכם מתאר את טמפרטורת הנוזל בשני המתקנים כפונקציה של הזמן. לאיזה נוזל יש חום סגולי גדול יותר? נמקו.

____

____



7. כף חשמלית היא גוף חימום שיכול לחמם מים ישירות בכוס.
לפי נתוני היצרן, הכף יכולה להרתיח מים בכוס מלאה של 250 סמ"ק בתוך שתי דקות. חשבו את הספק הכף, בהנחה שהטמפרטורה ההתחלתית היא 20^0C . הערה: המסה של סמ"ק אחד של מים היא גרם אחד.

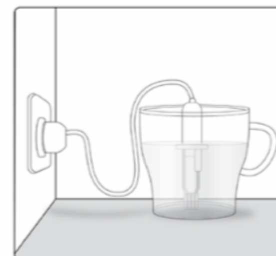
____

____

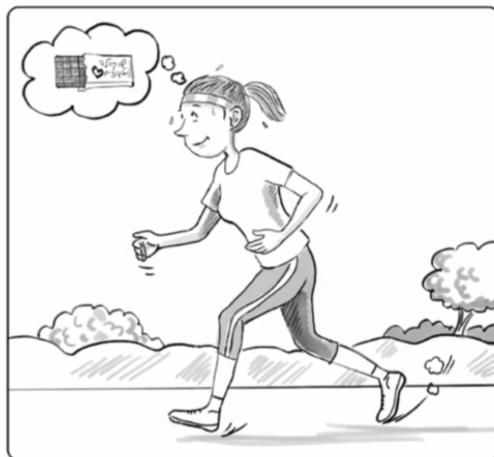
____

____

____



8. מיכל אוהבת ספורט ושוקולד אגוזים. היא חישבה ומצאה שגופה צורך, כלומר מאבד, 7 קילו-קלוריות בכל דקה בעת ריצה. מיכל רצה במשך 40 דקות.



א. כמה שוקולד אגוזים עליה לאכול כדי להחזיר לעצמה את האנרגיה ש"שרפה", אם נתון ששוקולד האגוזים מכיל 560 קילו-קלוריות ל-100 גרם?

____

____

____

____

ב. חשבו את ההספק ששריריה מפיקים ביחידות של ואט.

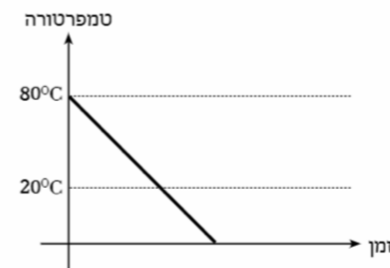
____

____

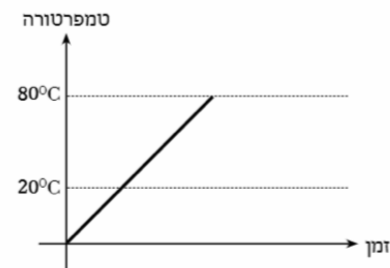
____

____

c.



d.



תשובות – פרק 4

1. $252^{0}K < -18^{0}C < 0^{0}F$

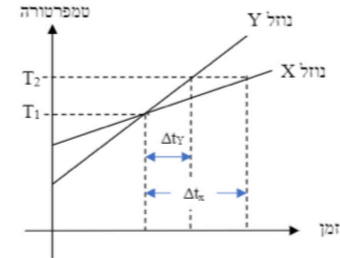
2. א. כן - $-40^{0}C = -40^{0}F$.
   ב. לא.

3. א. 1) נשארה קבועה.
   2) השתנה.
   3) השתנתה.
   4) נשאר קבוע.
   ב. 0.332 יחידות נפח למעלת צלזיוס.
   ג. $y = 0.332x + 92$.
   ד. נציב $y = 0$ במשוואת הנשר ונקבל: $T = -277^{0}C$ קיבלנו ערך קרוב מאוד לערך הידוע.

5.

החומר	מסה (Kg)	חום סגולי ($\frac{J}{Kg \cdot {}^{0}C}$)	טמפרטורה התחלתית ^{0}C	טמפרטורה סופית ^{0}C	כמות החום (J)
כוהל	0.02	2,450	20	32	588
כוהל	0.02	2,450	20	50	1,470
שמן מנוע	5	2,000	200	30	-1,700,000
חול	2	840	-4	1	8,400
פלטינה	0.05	130	5	125	780
חומר X	0.5	161	-22	-42	-1,610
תערובת של 80 גרם מים עם 45 גרם כוהל		3,570	0	10	4,462.5

6. החום הסגולי של נוזל X גדול יותר. הסבר: החימום באותו הפרש טמפרטורה $\Delta T = T_2 - T_1$ נמשך בנוזל X פרק זמן ארוך יותר, כלומר בנוזל X נדרש יותר חום. נתון שגם המסה שווה, לכן ההבדל יכול להיות רק בחום הסגולי. ראו בתרשים שלפניכם:



7. 700W.

8. א. 50 גרם שוקולד אגוזים.
ב. 490W.
ג. גופה של מיכל ממיר אנרגיה כימית לאנרגיה מכנית, אבל היעילות אינה מלאה. רק כ-20% מהאנרגיה הכימית מומרים לאנרגיה מכנית והשאר מומר לחום. לכן חם לה בתום הריצה.

9. א. 16Kg.
ב. סיבות לדוגמה:
- אין פלוטוניום בכדור הארץ. כדי להפיק פלוטוניום נדרש כור גרעיני שעלותו גבוהה.
- הפלוטוניום רעיל ביותר.
- כמות הפלוטוניום שחושבה בסעיף הקודם גדולה מהמסה הקריטית, ועל כן דניאל צפויה להפיק פיצוץ גרעיני אדיר שעלול לגרום חוסר נוחות מסוים בקהילת בית הספר.

10. א. 540J.
ב. $0.075^{0}C$.
ג. כמות החום תקטן. הפרש הטמפרטורה לא ישתנה.

11. א. 126,000J.
ב. $P = \frac{mgh}{\Delta t} = \frac{mgv \cdot \Delta t}{\Delta t}$
$P = mgv$

12. א. $24.25^{0}C$.
ב. $26^{0}C$.

13. 125 סמ"ק מים קרים ו-75 סמ"ק מים חמים.

14. א. חפשו במילון.
ב. 2) הקרח ניתך והסוכר נמס.

15. א. 3,300J
ב. לפחות 8 קוביות.

16. א. 1) $0^{0}C$
2) $200^{0}C$
3) $950^{0}C$
ב. 1) $c = 200\frac{J}{Kg \cdot {}^{0}C}$
2) כן. $(c_2 = 320\frac{J}{Kg \cdot {}^{0}C})$
3) $L_f = 100{,}000\frac{J}{Kg}$
4) $L_v = 200{,}000\frac{J}{Kg}$

17. א. 5 דקות.

ב. כמות החום שנוצרה בפלטה: $Q = 1,200,000J$. כמות החום שקלטו המים: $Q = 840,000J$.

ג. $2.5Kg$.

ד. $1.828Kg$.

ג. מיכל יודעת שגוף שמאבד אנרגיה אמור להתקרר. כיצד איפה גופה של מיכל מתחמם במהלך הריצה על אף העובדה שהוא מאבד אנרגיה?

9. דניאל מתכננת לבצע בבית הספר פרויקט חקר בפיזיקה. היא מגישה טופס בקשה למורה עם הציוד הנדרש: כדור פלוטוניום שהאנרגיה הדרושה כדי לחמם אותו במעלת צלזיוס אחת היא 2,360J. החום הסגולי של פלוטוניום הוא $147.5\frac{J}{Kg\cdot{}^{o}C}$.

א. חשבו את מסת הכדור.

ב. מדוע על המורה לדחות את בקשתה? ציינו לפחות שלוש סיבות.

-
-
-

שאלות –פרק 4
פיזיקה לכיתה ט׳ – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

10. לבנת בטון שמסתה 8Kg מחליקה על פני מגלשה לפינוי פסולת בניין שגובהה 8m. הלבנה מגיעה לתחתית המגלשה במהירות של $5\frac{m}{s}$.



א. חשבו את כמות החום שנוצרה עקב כוח החיכוך.

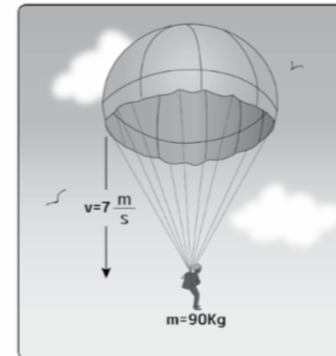
ב. בכמה מעלות צלזיוס עלתה הטמפרטורה של הלבנה בהנחה שכל החום שנוצר נקלט בלבנה?

ג. אם יחליק רק חלק של לבנה באותם התנאים, כיצד ישתנו התשובות בסעיפים הקודמים?

11. הלל הצנחן שמסתו כולל הציוד היא $m = 90Kg$, צונח אנכית במהירות קבועה של $v = 7\frac{m}{s}$.

א. מהי כמות החום שיוצר החיכוך במשך 20 שניות של צניחה אנכית?

ב. נסחו ביטוי מתמטי של הספק החימום הנוצר במהלך הצניחה.



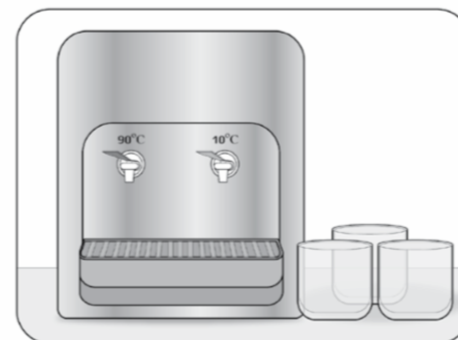
12. ילדה שופכת 4.5 קילוגרמים של חול בטמפרטורה של$38^{o}C$ לדלי עם 1.5 קילוגרם מים בטמפרטורה של $16^{o}C$, ומערבבת.

א. מה תהיה הטמפרטורה של המים והחול לאחר הערבוב?

ב. חזרו על השאלה עם אותם הנתונים כאשר הילדה מוסיפה לדלי שבו החול והמים גם בול עץ שמסתו 2 קילוגרמים בטמפרטורה של$30^{o}C$.



13. נועה אוהבת לשתות מים חמים עם פלח לימון בצד. יש בביתה בר מים בעל שני ברזים: ברז מים חמים בטמפרטורה של 90^0C וברז מים קרים בטמפרטורה של 10^0C. כמה סמ"ק מים מכל ברז עליה למזוג לכוס כדי לקבל 200 סמ"ק מים בטמפרטורה של 40^0C?



שאלות הכוללות חום כמוס

14. א. המושג **"חום כמוס"**. מצאו במילון את פירוש המילה כמוס.
מדוע לדעתכם המושג נקרא חום כמוס?

ב. נועה מכינה תה קר. כדי שיהיה קר ומתוק היא מוסיפה סוכר וקרח לכוס התה. מהו ההיגד הנכון ביותר?

☐ הקרח והסוכר נמסים.
☐ הקרח ניתך והסוכר נמס.
☐ הקרח נמס והסוכר ניתך.
☐ הקרח והסוכר ניתכים.



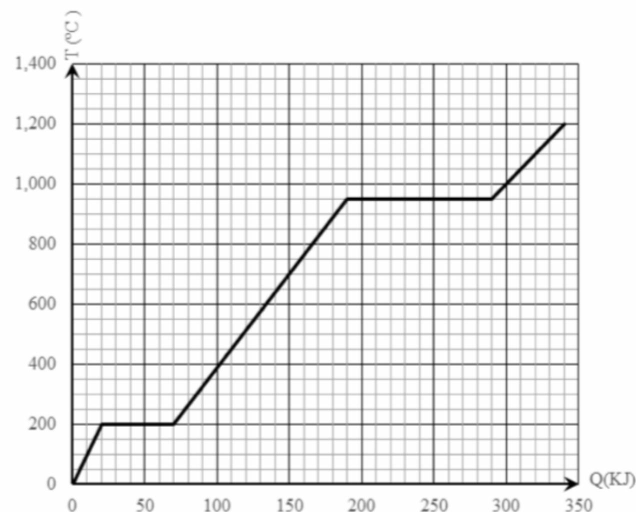
15. עומרי אוהב מיץ תפוזים סחוט טבעי בטמפרטורה של 0^0C. הוא מוזג לכוס מבודדת 0.2 קילוגרם מיץ תפוזים טרי בטמפרטורה של 30^0C. וכדי לקרר את המשקה הוא מוסיף לכוס קוביות קרח גדולות שמסת כל אחת מהן היא 0.01 קילוגרם והטמפרטורה שלהן היא 0^0C. מיץ תפוזים הוא תערובת שעיקרה מים, לכן אפשר בפתרון השאלה להתייחס אל המיץ כאל מים.

א. חשבו את כמות החום הדרושה כדי להתיך קוביית קרח.

ב. כמה קוביות קרח דרושות לעומרי כדי שהמיץ יתקרר ל-0^0C?

פיזיקה לכיתה ט' – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה
שאלות –פרק 4

16. בגרף שלפניכם מתוארת הטמפרטורה של גוש מתכת יקרה שמסתו 0.5Kg, כפונקציה של כמות החום שקלט הגוש. שימו לב ליחידות המידה - קילוג׳ול: 1KJ = 1,000J.



א. מצאו בעזרת הגרף את ערכי הטמפרטורות שלפניכם:

1) הטמפרטורה ההתחלתית של גוש המתכת. ______________________

2) טמפרטורת ההיתוך. ______________________

3) טמפרטורת הרתיחה. ______________________

ב. ענו בעזרת הגרף (עגלו למעלות שלמות):

1) מהו החום הסגולי של המתכת היקרה כשהיא במצב צבירה מוצק?

____

____

____

פיזיקה לכיתה ט׳ – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה
שאלות – פרק 4

2) האם החום הסגולי של המתכת היקרה משתנה כשהיא עוברת ממצב מוצק למצב נוזל?

____

____

____

3) מהו חום ההיתוך של המתכת היקרה?

____

____

____

4) מהו חום האידוי של המתכת היקרה?

____

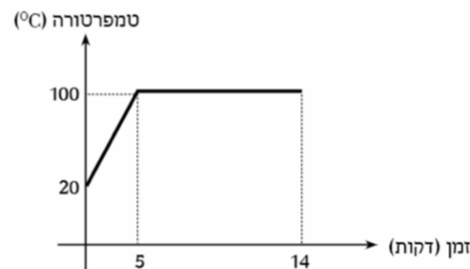
____

____

17. סבתא מבשלת דייסה. היא מרתיחה מים בסיר המונח על פלטה חשמלית בעלת הספק של 4,000W.



לפניכם גרף ששרטטה סבתא המתאר את הטמפרטורה של המים בסיר כפונקציה של הזמן:



הניחו ש-70% מהחום שנוצר על ידי הפלטה נקלטים במים.

א. כמה זמן נדרש כדי להביא את המים לרתיחה? ______________________

ב. מהי כמות החום שנדרשה כדי להביא את המים לרתיחה? פרטו: מה כמות החום שנוצרה בפלטה? ומה כמות החום שקלטו המים בסיר?

____

____

____

____

____

ג. חשבו את כמות המים שמילאה סבתא בסיר. הזניחו את כמות המים שהתאדתה עד הרתיחה.

____

____

____

____

ד. חשבו את כמות המים שנותרה בסיר בתום פרק הזמן המתואר בגרף.

____

____

____

שאלות –פרק 4
פיזיקה לכיתה ט׳ – הכנה למגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה

18. מטלת חקר:

קראו את הקטע שלפניכם, וענו על השאלות שאחריו.

חוק ההתקררות של ניוטון

החום עובר ממקום שבו הטמפרטורה גבוהה למקום שבו הטמפרטורה נמוכה יותר. קצב מעבר החום תלוי בגודל הנקרא "מפל הטמפרטורה" שמשמעותו עד כמה תלול מורד הטמפרטורה. על פי חוק ההתקררות של ניוטון, מתקיים יחס ישר בין קצב מעבר החום למפל הטמפרטורה. ככל שמפל הטמפרטורה תלול יותר, כך קצב מעבר החום גדול יותר.

הרחבה

מפל מסומן בסימן מיוחד של משולש הפוך: ∇ כמו תמרור "האט":



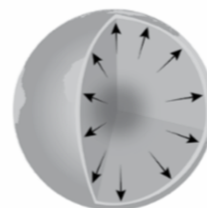
מפל הטמפרטורה נכתב כ-∇T (∇ - מפל, T - טמפרטורה) ומוגדר כשינוי הטמפרטורה ליחידת אורך: ביחידות של $\frac{^0C}{m}$.

$$\nabla T = \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

כאשר $\Delta T = T_2 - T_1$ הפרש הטמפרטורה בין שתי נקודות במעלות צלזיוס, ו-Δx הוא המרחק בין הנקודות במטרים.

שאלות:

א. במדידות שנערכות במכרות עמוקים או בקידוחים מתברר שהטמפרטורה של קרום כדור הארץ עולה ככל שמעמיקים לחפור. לפניכם תרשים של כדור הארץ עם חצים המתארים את כיוון "זרימת" החום.



1) הסבירו כיצד כיוון החצים בתרשים הוא מסקנה מהמדידות בקרום כדור הארץ.

____

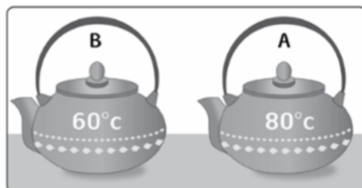
____

____

2) המדענים בראשית המאה ה-20 ניסו להסיק מהאמור לעיל מסקנות הנוגעות לכדור הארץ. לפניכם מספר היגדים. מהם ההיגדים שיכולים להיות מסקנה נוספת שיכלו המדענים להסיק על כדור הארץ? בדקו את תשובתכם במקורות מידע.

- ☐ כדור הארץ הולך ומתקרר עם הזמן.
- ☐ כדור הארץ הולך ומתחמם עם הזמן.
- ☐ קרינת השמש גורמת לחימום של ליבת כדור הארץ.
- ☐ בליבת כדור הארץ קיים מקור אנרגיה שלא היה מוכר בתקופתם.

ב. נתונים שני גופים זהים בחדר עם טמפרטורה של 20^0C.



איזה תהליך יתרחש מהר יותר?

- ☐ גוף A יתקרר מטמפרטורה של 80^0C לטמפרטורה של 70^0C.
- ☐ גוף B יתקרר מטמפרטורה של 60^0C לטמפרטורה של 50^0C.

ג. איזה גרף מהגרפים שלפניכם מתאר באופן הטוב ביותר את הטמפרטורה של גוף A כפונקציה של הזמן? נמקו.

